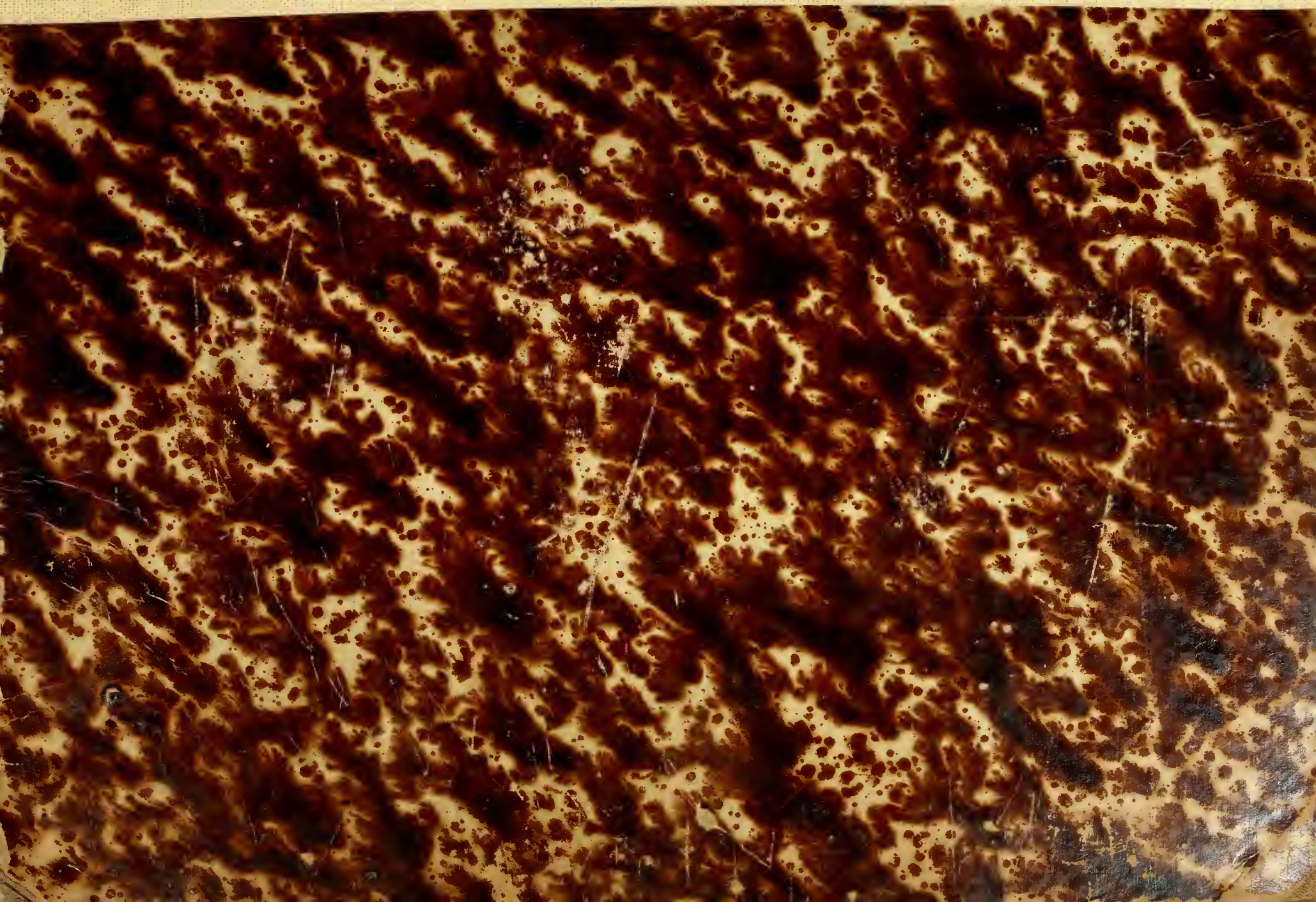
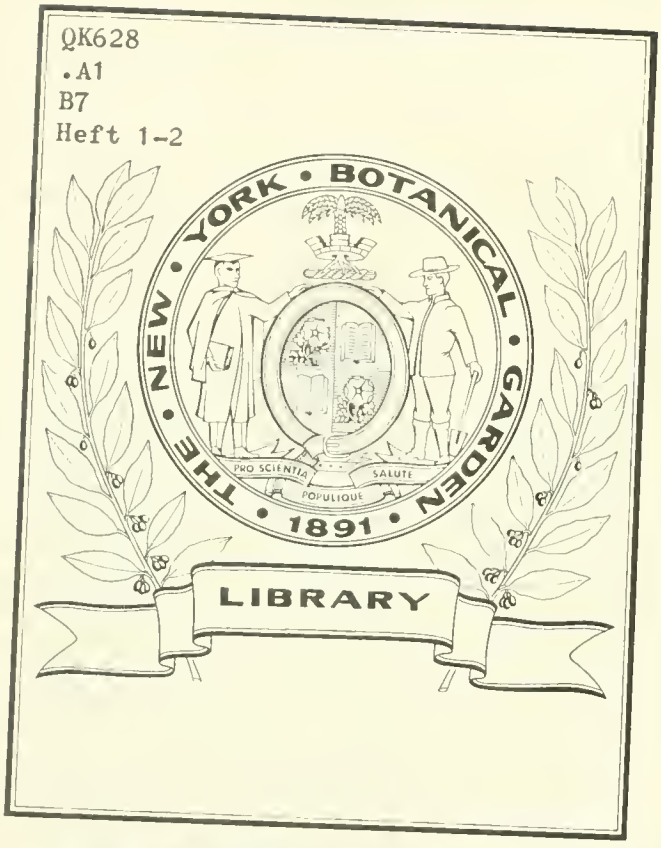
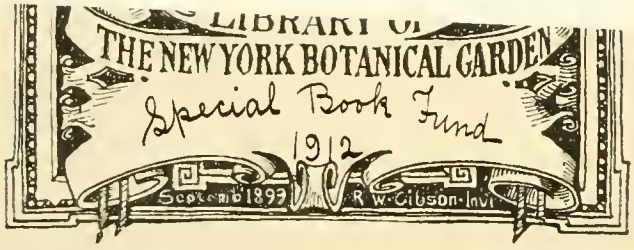


QK628
.A1
B7
Heft 1-2





BOTANISCHE UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

SCHIMMELPILZE.

BOTANISCHE UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

SCHIMMELPILZE

VON

DR. OSCAR BREFELD.

I. Heft:

Mucor Mucedo. Chaetocladium Jones'ii, Piptocephalis Freseniana.

Zygomyceten.

Mit 6 lithographirten Tafeln.

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN.

LEIPZIG
VERLAG VON ARTHUR FELIX
1872.

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN.

SEINEM VEREHRTEN LEHRER

HERRN

PROFESSOR Dr. A. DE BARY

IN DANKBARER HOCHACHTUNG

GEWIDMET

VOM VERFASSER.

APR 2 1912

Vorrede.

Unter dem allgemeinen Titel „Untersuchungen über Schimmelpilze" will ich in getrennten, nach einander folgenden Heften die Resultate mehrjähriger, noch fortgesetzter Untersuchungen mittheilen, welche die grosse Gesellschaft kleiner Pilze zum Gegenstande haben, die gewöhnlich kurzweg als „Schimmel" bezeichnet werden.

Die Untersuchungen erstrecken sich speciell über solche Formen des Schimmels, die durch bisherige Studien nicht hinreichend entwicklungsgeschichtlich erkannt und festgestellt wurden und darum vorläufig als systematisch ungeordnetes Material betrachtet werden mussten; bis jetzt genau bekannte und sicher erforschte Pilzformen dienen den Untersuchungen als Grundlage und finden von selbst vergleichende, zur Vollständigkeit nothwendige Berücksichtigung.

Bei der Untersuchung selbst ist nach streng wissenschaftlicher Methode verfahren. Aus der Cultur der einzelnen Spore ist die Entwicklungsgeschichte eines Pilzes lückenlos hergeleitet. Indem dadurch die unvermeidlichen Fehlerquellen der Massencultur ausgeschlossen sind, wird es zugleich möglich sein, die Ergebnisse zu berichtigen, die sich mit ihrer Anwendung bezüglich der Regellosigkeit der Fruchtfolge der Schimmelpilze, ihrer Mitwirkung bei ansteckenden Krankheiten, bei Gährungs- und anderen Zersetzungserscheinungen ergeben haben, und schliesslich die zweifellos bedeutende Rolle, welche sie in der Natur spielen, für die einzelnen wohl unterschiedenen Pilze näher zu präcisiren.

In dem vorliegenden ersten Hefte werde ich, von den Mucorinen ausgehend, drei Pilze — Mucor Mucedo, Chaetocladium Jones'ii und Piptocephalis Freseniana — entwicklungsgeschichtlich und systematisch abhandeln. Sie ergeben sich als Vertreter besonderer Familien einer grossen, hier zuerst neu aufgestellten Gruppe von Pilzen — der Zygomyceten. Durch sie wird in das noch ungeordnete Material der Schimmelpilze zunächst diejenige Klarheit und Uebersicht gebracht werden, die eine spätere specielle und rationelle Behandlung der präcisirten Familien ermöglicht.

Für ein zweites Heft, das ich in ziemlich nahe Aussicht stellen kann, habe ich die Entwicklungsgeschichte des Penicillium crustaceum Fries (P. glaucum Link), des Schimmels par excellence, bestimmt.

Als drittes Heft ist die Monographie der Mucorinen in Vorbereitung, für die seit 2 Jahren Material gesammelt und untersucht ist.

Halle a/d Saale, den 1. August 1871.

Der Verfasser.

Seitdem im Jahre 1729 *Micheli*[1]) das Genus Mucor aufstellte, finden sich in zahlreichen mycologischen Werken und Zeitschriften zerstreut Beschreibungen dieser allverbreiteten formenreichen Fadenpilze. Bei den verschiedenen Autoren, die diese stattlichen Schimmelformen zum Gegenstande eingehender Beobachtung machten, begegnet man, bis in die neueste Zeit hinein, in Beschreibung und den sie begleitenden Abbildungen, sei es dass die Pilze einzeln oder in der Zusammenstellung behandelt sind, nur selten genügender Uebereinstimmung. Wohl wesentlich dürfte der Grund hiervon in der schnellen Entwicklung und der daraus resultirenden Veränderung beruhen, die diese so leicht vergänglichen Organismen in ihrer kurzen Lebensdauer durchlaufen. Je nach den verschiedenen Momenten der Beobachtung muss das Bild eines und desselben Gegenstandes verschieden ausfallen, es entspricht seinem jeweiligen Entwicklungszustande, der weder vor noch nach der Sporenreife, noch auch während derselben für kurze Dauer ein stabiler ist. Es konnte mit Leichtigkeit derselbe Mucor nach verschiedenen Entwicklungsmomenten als Repräsentant einer neuen Art, sogar einer neuen Gattung in der Familie der Mucorinen aufgefasst werden. Zieht man hierzu den grossen Einfluss in Betracht, den das Substrat auf den Pilz ausübt, den es ernährt, wonach dieser uns thatsächlich einmal in seiner ganzen Ueppigkeit, das andere Mal in fast verkrüppelter Gestalt entgegentritt, so haben wir hinreichende Daten, die unerquicklichen Widersprüche erklärlich zu finden, welche die Literatur der Mucorinen aufweist.

Die Untersuchung eines Objectes in blos vorgefundener Form kann hiernach niemals die Grundlage für eine auch nur annähernd richtige Zusammenstellung der Mucorinen abgeben, die doch zunächst das Ziel der Mycologen war; eine darauf

[1]) Nova plantarum genera juxta Tournefortii methodum disposita. Florentiae 1729, p. 215.

gegründete Charakteristik muss nothwendig eben so wenig scharf als erschöpfend ausfallen.

Eine weitere umfangreiche und exacte Erkenntniss der Pilze geht von einer neuen Methode der Untersuchung aus, die, eben so einfach in ihrer Idee und Anwendung als weitgreifend in ihren Resultaten, in kurzer Frist einen solchen Umschwung aller mycologischen Kenntnisse nach sich zog, dass diese zur Zeit denen in anderen Gebieten der Botanik wohl kaum nachstehen dürften. Es war der Gedanke *de Bary's*, die Entwicklungsgeschichte der Pilze schrittweise in der Cultur der Sporen bis zum Ausgangspunkte ihrer Fructificationen zu verfolgen, und seinen zahlreichen Untersuchungen mit entscheidendem endgültigen Erfolge liegt dieser Gedanke als leitende Idee zu Grunde. Alle weiteren entwicklungsgeschichtlichen Bestrebungen in der Mycologie knüpfen an den vorhandenen Gedanken an, und jede neue Erforschung kann als die fortgesetzte Anwendung desselben gelten, die nach den verschiedensten Richtungen, auch bei den Mucorinen, von *de Bary* selbst zuerst gemacht ist.

Von der ausgesäeten Spore ausgehend, beobachtete er nicht blos ihre Keimung, aus den Keimschläuchen die Bildung eines Myceliums und aus diesem in seinen Einzelnheiten die Entstehung der ungeschlechtlichen Fruchtträger und Sporangien, in denen man bislang den Charakter der Mucorinen allein begründete; es ergab sich als weiteres und wichtigeres Resultat der Beweis, dass mit diesen Sporangien die Lebensgeschichte der Mucorinen nicht geschlossen ist, dass geschlechtlich erzeugte Fruchtkörper »Zygosporen« den Abschluss bilden. Bereits im Jahre 1829 hat *Ehrenberg*[1] diese seltsamen Pilzfrüchte als Begleiter der Sporodinia grandis, die bekanntlich im Herbste fleischige faulende Schwämme schmarotzend bewohnt, aufgefunden und unter dem Namen Syzygites megalocarpus als neue Schimmelgattung beschrieben. Kein irgend genetischer Zusammenhang mit anderen Pilzen, nur die Entstehung der grossen Früchte aus einer paarweisen Vereinigung keulenförmiger Fruchtzweige findet sich bei ihm, und wenn auch *Tulasne*[2] im Jahre 1855 im Wege der Präparation den Zusammenhang des Syzygites mit den sporangientragenden Fäden der Sporodinia grandis nachwies, so blieb

---

[1] Syzygites, eine neue Schimmelgattung. Verh. d. Ges. der naturf. Freunde zu Berlin 1829. I, p. 98, tab. II und III.

[2] Note sur l'appareil réproducteur de quelques Mucédinées fongicoles. Comptes rendus, tome XV, p. 617. 1855.

doch die Aufklärung seiner Entwicklung und physiologischen Bedeutung als geschlechtlich erzeugter Fruchtkörper »Zygospore der Sporodinia« ihren Entwicklungscyklus abschliessend, *de Bary* vorbehalten. Ausser dem genauen Verlauf der Bildung der Zygosporen der Sporodinia beschreibt er in seinem Aufsatze über Syzygites megalocarpus[1] ihre Keimung[2], und diese Arbeit, an die sich bald darauf eine zweite über Mucor stolonifer anschloss[3], enthält das für die Kenntniss der Mucorinen grundlegende Resultat. Die Entwicklungsgeschichte der Sporodinia grandis wurde hiernach zum Schlusse der Abhandlung folgendermassen präcisirt:

»Syzygites ist ein Hyphomycet mit zweierlei Fructificationsorganen, welche sich der Regel nach auf jeweils besonderen Trägern aus demselben Mycelium entwickeln, und zwischen welchen theils ein regelmässiger Generationswechsel, theils eine minder regelmässige Succession besteht. Die eine Fruchtform wird durch Zygosporen dargestellt, welche den Ehrenberg'schen Syzygites speciell charakterisiren. Sie entstehen der Regel nach durch einen ächten Copulationsprocess sind daher den Oosporen verwandter Thallophyten an die Seite zu stellen. Die andere Fruchtform ist eine durchaus geschlechtslose; die Fortpflanzungszellen, welche sie erzeugt, sind daher als Sporen, die Hyphen, auf welchen sie gebildet werden, als Sporenträger zu bezeichnen. Letztere, *Link's* Sporodinia grandis darstellend, bilden auf den Spitzen ihrer Enddichotomien kugelige, vergängliche Sporenmutterzellen, in welchen die Sporen wie bei Mucor entstehen, und gleichen den Sporenträgern der Mucorarten so vollständig, dass sie für sich allein von diesen kaum generisch getrennt werden dürften. Der keimenden Zygospore entsprossen unmittelbar einer bis einige Fruchtträger; aus der keimenden Spore entwickelt sich ein Mycelium, welches entweder zuerst Zygosporenträger und nachher zwischen und ringsum diese Sporenträger erzeugt, oder wohl auch beiderlei Fruchtträger in der umgekehrten Aufeinanderfolge bilden kann.«

Zu Gunsten dieser, später bei Mucor stolonifer[4] für die Mucorinen über-

---

[1] Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pilze von *A. de Bary*. 1. Reihe, Syzygites megalocarpus p. 75—88, Frankfurt a. M. 1864.

[2] Die Keimung ist im Jahre 1864 auch von *Schacht* beobachtet worden: Ueber den Dimorphismus der Pilze. Abh. des natur-hist. Vereins für die Rheinlande und Westfalen, 1864. p. 45.

[3] 2. Reihe. Mucor sholonifer p. 25—32. 1866.

[4] 2. Reihe der Beiträge p. 32.

haupt als wahrscheinlich ausgesprochenen Auffassung sprechen *Tulasne's*[1]) Mittheilung über die von ihm gefundenen Zygosporen des Mucor fusiger und die blosse Beschreibung zweier Syzygites von *Hildebrand*[2]).

Bei sonstigen bekannten Mucorinen ist der Weg für weitere Untersuchung in begonnener Richtung offen geblieben. Diese würde an sich wenig dringlich und wichtig erscheinen, wenn nicht viele Mycologen, den von *de Bary* vorgezeichneten Untersuchungsgang und die daraus gewonnenen Resultate verkennend, gerade die Mucorinen als Material für Forschungen verwertheten, von denen für eine angestrebte Erkenntniss der Schimmelpilze und deren Systematik eher Verwirrung als Klarheit entspringt, aus denen ferner, wenn sie richtig wären, hervorginge, dass die Schimmelpilze in bunter Fruchtfolge den bekannten Generationswechsel der pleomorphsten Pilzgruppen noch weit überträfen.

Gegenüber diesen Bestrebungen und ihren Einflüssen bezweckt die vorliegende Arbeit zunächst die Beantwortung der Frage:

Ist mit dem Entwicklungsgange, wie er für Sporodinia grandis von *de Bary* festgestellt wurde, der Generationswechsel der *übrigen* Mucorinen thatsächlich vorgezeichnet und geschlossen, oder gehören noch weitere ungeschlechtliche Fruchtformen, namentlich *Conidien* hinzu? — Es wird zu diesem Zwecke eine eingehende Untersuchung einzelner Mucorinen mit Hülfe der Culturmethode entwicklungsgeschichtlich durchzuführen sein.

Die im Verlaufe der Culturen der einzelnen Mucorinen hervortretenden durchgreifenden Charaktere, welche in fortgesetzter Cultur immer *typisch* wiederkehren und also ausserhalb der *inconstanten*, nur im speciellen Falle durch untergeordnete Einflüsse bedingten Eigenschaften liegen, sollen als zweite Aufgabe die Grundlage für eine spätere specielle systematische Behandlung der Mucorinen abgeben.

Hieran schliesst sich von selbst die dritte und wichtige Fragestellung nach der systematischen Stellung der Mucorinen im Pilzsysteme überhaupt. — Gerade den Mucorinen fehlt es an einem engeren Anschlusse an die

---

[1]) Note sur les phénomènes de copulation que présentent quelques champignons: Annales des sciences, tom. VI, p. 213. 1866. cinquième série.

[2]) *Pringsheim's* Jahrbücher VI, p. 270.

wohl classificirbaren typischen Gruppen der Pilze, und wohl hierin dürfte die bislang bestehende Unsicherheit über die Grenzen dieser Familie und eine vielfach hervortretende Einsicht über die Unvollständigkeit unserer derzeitigen Kenntnisse der Mucorinen ihren Grund haben. Die Lücke würde ausgefüllt sein, wenn es gelänge die Mucorinen aus ihrer Isolirung zu befreien und in anderen bislang nicht genau untersuchten Fadenpilzen den ungezwungenen Uebergang zu finden, in dem die Mucorinen ihren Anschluss im System finden.

Hiermit wird die Aufgabe den Mucorinen im Engeren entrückt und in das weitere Gebiet der Schimmelpilze übertragen.

Zur Erläuterung der eingeschlagenen Culturmethode will ich vorab bemerken, dass es sich bei derselben um keinerlei künstlich construirte Apparate handelt, wie sie von *Hoffmann* in seiner Dunströhre[1]) zur Reincultur und von *Bail* in seinem Pilzkasten[2]) beschrieben und empfohlen worden. Zur Cultur dient der Objectträger, als Culturflüssigkeit ein Tropfen frisch bereiteten Pferdemistdecoctes[3]), zum Ausgangspunkte der Untersuchung die einzelne Spore; der Objectträger mit der Cultur findet unter einer mit Wasser abgesperrten Glocke auf einem kleinen Zinkblechgestelle Schutz und Unterkommen.

Der Versuch eine historische und kritische Behandlung der vorhandenen Literatur der Mucorinen zur Orientirung vorauszuschicken, wurde vorerst auf das

---

[1]) Compt. rend. 1865. LX. Nr. 13. p. 633. Ferner: *Dinglers*, polytechn. Journal 1865. H. 3 p. 241. Endlich: Botanische Zeitung 1865. Mycologische Berichte von *H. Hoffmann* p. 348 u. 349.

[2]) Separatabdruck aus dem Osterprogramm der Realschule zu Danzig 1867. p. 29.

[3]) Zur Darstellung des Mistdecoctes übergiesst man frischen Mist mit wenig Wasser, so dass er zu einem dicken Breie wird. Nach halbstündiger gleichmässiger Erhitzung unter dem Kochpunkt kocht man ihn einmal auf und filtrirt nach mehrstündiger Erkaltung durch ein doppeltes Filter, auf das man die zuerst durchgelaufene Hälfte der Flüssigkeit zurückgiesst, weil sie nicht hinreichend rein ist.

Es ist nothwendig, Mist von Pferden zu nehmen, die fast ausschliesslich mit Hafer gefüttert werden. Das Decoct muss frisch verwendet werden, weil ein Theil der stickstoffhaltigen Nährmittel, z. B. Harnstoff, sich schnell zersetzen. Lange andauerndes Kochen wirkt ebenfalls nachtheilig; endlich darf ein Decoct, das älter ist als einen Tag, nicht mehr angewendet werden. Ohne Berücksichtigung dieser angegebenen Details für die Bereitung der Culturflüssigkeit, von deren klarer haltbaren Beschaffenheit das Gelingen der Kulturen abhängt, wird eine Züchtung dieser Pilze auf Objectträgern nie zum sicheren Abschluss zu führen sein. Beim Auftreten von Bacterien, denen die Culturen sehr ausgesetzt sind, kann man sie nur gleich beseitigen, es wird aus ihnen nichts, offenbar durch den zersetzenden Einfluss, den diese Organismen auf ihr Substrat ausüben.

Angegebene beschränkt, weil sich herausstellte, dass dieser Zweck verfehlt und zu viel Raum damit ausgefüllt werden würde; bei der Behandlung der einzelnen Mucorinen dürfte das Nöthige eine geeignetere Stelle finden.

Für den ersten Angriff schien mir kein Object geeigneter zu sein als der Mucor Mucedo, der verbreitetste der Mucorinen.

Mucor Mucedo.

Auf den Mucor Mucedo laufen in neuester Zeit so viele Untersuchungen hinaus, und über ihn sind so viele widersprechende Resultate mitgetheilt, dass man in der That in Zweifel gerathen kann, ob er sich in seiner Lebensgeschichte den übrigen Mucorinen anreiht, oder ob er nicht vielmehr den vollkommneren formenreicheren Typus eines Mucor darstellt, nach dem unsere Kenntniss der Mucorinen, auch der bekannten, erhebliche, noch zu ergänzende Lücken zeigen würde. In der Morphologie und Physiologie der Pilze von *de Bary* findet sich die Verzeichnung der Formen- und Entwicklungsreihe von Mucor Mucedo, wie folgt, zusammengestellt.

»Eine anscheinend regellose Pleomorphie der Fortpflanzungsorgane findet sich bei Mucor Mucedo, deren genauere Kenntniss wir *Woronin* verdanken. Zygosporen sind von Mucor Mucedo noch nicht gefunden worden. Aus seinem Mycelium erheben sich zuerst einfache oder mit einigen zerstreuten Zweigen versehene, verschieden starke Fruchtträger mit terminalen kugeligen Sporangien, die eine grosse Columella besitzen und ovale farblose Sporen bilden. Sehr oft bleibt es bei dieser Bildung, in anderen Fällen aber treten später aus dem Mycelium Fruchthyphen hervor, welche kurze, überaus reich dichotom verzweigte Aestchen treiben und auf Enddichotomien dieser wiederum kleine kugelige, der Columella entbehrende Sporangien, Sporangiolen mit 2 bis wenigen Sporen entwickeln. Die sporangiolentragenden Zweige entspringen entweder an den Seiten eines Fruchtfadens, der mit einem grossen Sporangium endigt, einzeln oder in Wirteln, die dem blossen Auge als weisse, kaum stecknadelkopfgrosse Kügelchen erscheinen; seltener nehmen sie das Ende der Fruchthyphe ein, und diese entbehrt dann des grossen Sporangiums. Die sporangiolentragende Form ist unter den Namen Thamnidium elegans Lk. und Ascophora elegans Corda beschrieben

und abgebildet. Bei dem auf Mist wachsenden Mucor Mucedo tritt zuletzt, wenn die Sporangien und die Sporangiolenbildung nachlässt, eine dritte Form von Fruchtträgern aus dem Mycelium hervor, die als Conidienträger bezeichnet werden soll und von *Berkeley* und *Broome*[1]) zuerst als Botrytis Jonesii, von *Fresenius*[2]) unter dem Namen Chaetocladium beschrieben worden ist. Es sind aufrechte schlanke Schläuche, die auf einer Höhe von 5—6 Millim. einen oder einige in geringen Abständen über einander stehende Wirtel von 2 bis 6 abstehenden Aesten tragen. Diese Aeste erster Ordnung tragen etwa in ihrer Mitte durchschnittlich die wiederum wirtelig gestellten secundären Zweige, deren jeder in seiner Mitte abermals zwei bis drei Wirtelästchen trägt. Die Enden der Zweige zweiter und dritter Ordnung laufen meistens in pfriemenförmige Spitzen aus, die Zweige der dritten Ordnung aber tragen wiederum unter der Spitze einen Wirtel von 3 und mehr kurzen Aestchen, deren jedes 3—15 und 20 kugelige Sporen — Conidien — simultan abschnürt. Sporangien und Sporangiolen sind auf den Conidienträgern niemals gefunden. — Bei genau controlirten Aussaatsversuchen keimten alle drei Sporengattungen mit Schläuchen, aus denen ein reichästiges Mycelium mit Sporangien und Sporangiolen erwuchs. Dasselbe war bei einer vierten Form von Organen der Fall, die 1838 von *Berkeley*[3]) und neuerdings von *Bail*[4]) und *Zabel*[5]) beschrieben sind und Brutzellen heissen mögen. An alten Mycelien nämlich, oder an solchen, wo durch mangelhafte Ernährung, Luftabsperrung und dergleichen die Sporenbildung gehindert wird, grenzen sich kurz-cylindrische, mit homogenem Plasma dicht erfüllte Stücke durch Querwände zu besonderen Zellen ab. Diese behalten cylindrische Gestalt oder schwellen zu Ei- oder fast Kugelform an. Sie entstehen einzeln oder reihenweise, entweder in der Continuität der Fäden oder den Zweigenden: wo letzteres der Fall ist, stellen sie oft lange, einfache und verästelte rosenkranzförmige Reihen dar, deren Glieder verbunden bleiben oder sich schliesslich von einander trennen.«

Für eine weitere Conidienform, die *Fresenius*[6]) zuerst fand, und die von

---

[1]) Ann. Mag. of Nat. history. 2 S. Vol. 13. pl. XV. 1854.

[2]) Beiträge zur Mycologie. 3. Heft. p. 97.

[3]) Magaz. of Zool. and Botan. Vol. II. p. 340. 1838.

[4]) Flora 1857. p. 417.

[5]) Einiges über die Gonidien der Pilze. Mélanges biolog. St. Petersburg. T. III.

[6]) Botanische Zeitung 1864. p. 154.

Woronin und *de Bary*[1] Piptocephalis Freseniana genannt wurde, die nie anders als in Begleitung von Mucor Mucedo angetroffen wurde, blieb die Zugehörigkeit zu ihm in Unkenntniss der Entwicklungsgeschichte vorläufig zweifelhaft; hingegen erwiesen sich die von *Coemans*[2] gefundenen, dem Mucor Mucedo und Mucor stolonifer zugerechneten Pycniden als selbständige Organismen[3], die im Aeusseren grosse Aehnlichkeit mit einem Mucor haben und häufig mit ihm gemeinsam vorkommen.

Ausser diesen Beobachtungen hat *Hoffmann*[4] den genetischen Zusammenhang des Mucor Mucedo mit Saprolegnia und Empusa gefunden. *Bail*[5], der die Priorität dieser Entdeckung für sich beansprucht, nimmt ausser Saprolegnia und Empusa noch Penicillium, Hefe und andere Schimmelpilze mit in diesen Bund auf. Nach noch weiter gehender Forschung würde man nicht blos im Leibe der Cholerakranken die Entwicklung des Mucor zu suchen haben, es würden überhaupt die Mehrzahl der Pilze von ihm als ersten Urheber abstammen.

Von den letzten Annahmen, wornach z. B. ein Pilz, den man ob seiner Verbreitung mit jedem Bissen Brod massenhaft in den Leib einführt, die Ursache einer ansteckenden Krankheit sein soll, kann hier ganz abgesehen werden. — Ferner ist die *Bail*'sche Angabe der Mitwirkung des Mucor bei der Fliegenkrankheit[6] mit seiner Freisprechung erledigt, die Hefe[7] als selbständiger Pilz erwiesen, und auch für Penicillium ist nach einer in der Hauptsache abgeschlossenen Untersuchung das Ende gesellschaftlichen Nothstandes und Zwanges, den es so lange ertrug, bereits in der Vorrede angekündigt worden. (Ich will

---

[1] Beiträge. II. Reihe Mucor Mucedo p. 23 u. 24.

[2] *Coemans*. Spicilège mycologique. Extrait des bulletins de l'Académie royale de Belgique II. série, tome XVI. Nro. 8.

[3] *O. Brefeld*. Dictyostelium mucoroides. Abhandl. der Senkenberg. Naturf. Gesellschaft Band VII,

[4] *H. Hoffmann*. Ueber Saprolegnia und Mucor. Botanische Zeitung 1867 Nro. 44 und 45. Ferner Icones anal. fung. S. 189.

[5] *Bail*. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Königsberg 1860 S. 253 und 258; ferner Hedwigia 1867 Nro. 12; Frankfurter Naturforscher-Versammlung 1867; ferner Dresdener Naturforscher-Versammlung 1868; endlich noch Mittheilungen über das Vorkommen und die Entwicklung einiger Pilzformen. Danzig 1867.

[6] *O. Brefeld*. Untersuchungen über die Entwicklung der Empusa Muscae und Empusa radicans. Abhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Halle. Band XII.

[7] *M. Reess*. Botanische Untersuchungen über die Alkoholgährungspilze. Leipzig bei Arthur Felix 1870.

im Interesse der vorliegenden Arbeit schon hier kurz angeben, dass Penicillium die ungeschlechtliche Fruchtform eines neuen, entwicklungsgeschichtlich merkwürdigen und systematisch wichtigen Ascomyceten ist, den man trotz seiner Häufigkeit bisher ganz übersehen hat)[1]).

Für unsere Untersuchung knüpfen wir an die vorhin angegebenen, von *Woronin* und *de Bary*[2]) nach exacter Methode gewonnenen Resultate an (die auch neuerdings *Zimmermann*[3]) in ihrem ersten Theile bestätigt) und suchen die Hauptfrage bezüglich der Conidien des Mucor Mucedo durch Auffindung seiner Zygosporen zu entscheiden.

Zuvor wird es nicht überflüssig sein, dem Entwicklungsgange dieses Mucor nach unserem Programme speciell mit Rücksicht auf alle bisher ausser Acht gelassene Einzelnheiten zu folgen, um daran einerseits den noch nicht hinreichend präcisirten Gattungscharakter von Mucor im Gegensatze zu Pilobolus, anderseits seine Eigenthümlichkeiten als Species seinen Verwandten gegenüber scharf zu kennzeichnen. Dem Mangel an Charakteristik nach beiden Richtungen ist es zweifellos zuzuschreiben, dass man weder über die Gattung noch über die Art völlig im Klaren ist, bald aus Mucor mehrere Gattungen, bald aus diesem mitsammt dem Pilobolus eine einzige macht, und schliesslich den Begriff des Mucor Mucedo so gedehnt hat, dass darunter ein grosser Theil der Mucorinen begriffen sein kann. (Siehe die Literatur am Ende der Abhandlung über Mucor Mucedo.)

Der Mucor Mucedo kommt in der Natur auf den verschiedensten Substraten vor. Es wird kaum eine der Zersetzung preisgegebene organische Materie geben, worauf er sich nicht anzusiedeln versucht. Fast auf allen Nahrungsmitteln der Menschen und Thiere sind seine Samen reichlich verbreitet, und ihre Keimfähigkeit scheint auf dem Wege durch den thierischen Leib eher günstig als nachtheilig beeinflusst zu werden, zum wenigsten gedeiht er auf allen Excrementen mit fast grösserer Ueppigkeit wie auf der unverdauten Nahrung. Ein Stückchen Brod an hinreichend feuchtem Orte vor Verdunstung geschützt, bedeckt sich bald mit einem dichten Filzrasen von Mucor, der an Ueppigkeit der reichen Flor nur

---

[1]) Näheres botanische Zeitung 1872 Nro. 14. *O. Brefeld.* Entwickelungsgeschichte von Penicillium.

[2]) Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pilze. II. Serie. Zur Kenntniss der Mucorinen. Mucor Mucedo. S. 14—24.

[3]) *Zimmermann.* Das Genus Mucor. Inaugural-Dissertation. Chemnitz 1871.

wenig nachsteht. die sich schon in einigen Tagen auf jeglichem Miste von Fleisch und Vegetabilien fressenden Thieren in abgeschlossenem feuchten Raume erhebt. Hier haben die Fruchtträger des Mucor Mucedo, die an Grösse und Zahl gegen die übrigen hervortreten, nicht selten eine Länge von 4—5 Zoll. Sie nehmen mit der Reife ihrer Sporangien eine sehr charakteristische, gelb braune Farbe an, die erst in Masse mit einem eigenthümlichen Seidenglanze besonders deutlich hervortritt. Den Fruchtträger schliesst das Sporangium ab. welches eine gelb graue Farbe besitzt, die in feuchter Luft heller, mit dem Austrocknen hingegen dunkel braun wird.

Die Sporen (Fig. 1 Taf. I) des entleerten Sporangiums sind mit der Reife sofort keimfähig. Sie verändern, in einen Tropfen frischen Pferdemist-Decoctes gebracht, als Zeichen beginnender Keimung schon in wenig Stunden ihre Form. Sie schwellen an und gehen aus der ursprünglichen cylindrisch-eiförmigen Gestalt in die Kugelform über. (Fig. 2 a Taf. I). Die Grössenzunahme ist hierbei so bedeutend. dass die ursprüngliche Spore, die eine Länge von 0,0066—0.0099 Mm. und eine Breite von 0,0033—0,0040 Mm. hat, oft um das 6—10fache an Ausdehnung übertroffen wird. Die Sporenmembran, in der eine Sonderung in Endo- und Exosporium niemals unterscheidbar wird, folgt sich ausdehnend der Vermehrung des Inhaltes. Dieser, vorher körnchenfrei, aus homogenem lichtbrechenden Protoplasma bestehend, hat sich in einen feinkörnigen Beleg verwandelt, der in dicker Lage die Wand auskleidet (Fig. 2 a Taf. I., während in seiner Mitte eine grosse Vacuole sichtbar wird.

Bis zu einem gewissen Punkte der Schwellung vorgeschritten, brechen, in Continuität mit der innern Schicht der Sporenhaut, nach einer, (Fig. 2 b Taf. I), in der Regel jedoch nach mehreren (Fig. 2 c Taf. I) Seiten Keimschläuche hervor, welche mit grosser Schnelligkeit wachsen und daneben an Ausdehnung so zunehmen, dass man schon in etwas späteren Zuständen den Contour der ursprünglichen Spore nur in wenigen Fällen im Verlaufe oder in der Mitte der Keimschläuche Fig. 3 a Taf. I) erkennen kann, die indess ihre Lage als Centralpunkt der Ausstrahlung unzweifelhaft bezeichnen. Die Keimschläuche beginnen sich regellos nach den verschiedensten Richtungen zu verzweigen und stellen schon in der Frist eines Tages ein vielfach verästeltes Mycelium dar. Die Aeste 2ter und 3ter Ordnung werden allmählich schmäler und enger und geben in weiteren Verzweigungen den zarten Fäden Ursprung, die man an einem ausgewachsenen

Mycelium als letzte Verästelungen (Fig. 3 Taf. I) mit starker Vergrösserung verfolgen kann. Das ganze Mycelium stellt eine Zelle dar, im Laufe keines Fadens lässt sich eine Scheidewand erkennen, wenn nicht etwa der dichte körnige protoplasmatische Inhalt, in dem im Verlaufe der grossen Arme zahlreiche Vacuolen jeglicher Grösse und Form hervortreten, sie ganz ununterscheidbar macht. In einer bestimmten Grösse ist keine weitere Ausdehnung des Myceliums, keine weitere Verzweigung wahrzunehmen, sein vegetatives Leben geht zu Ende.

Mit dem Abschluss dieser Entwickelungsperiode ist eine Veränderung des Inhaltes sichtbar verbunden; dieser wird körniger und dunkler, verliert den schaumigen mit Vacuolen durchsetzten Charakter und ist in deutlichem Andringen nach einer Stelle des Myceliums begriffen. Hier, für die Regel im Centralpunkt des Myceliums, sieht man eine Erweiterung, von welcher sich allmählich ein dicker Ast (Fig. 3 b Taf. I) in die Höhe erhebt. Gegen ihn findet ein mächtiger Andrang des Protoplasmas aus dem Mycelium statt, dem er in schnellem Wachsthume zu folgen strebt. Er tritt aus der Oberfläche der Flüssigkeit in die Luft ein, überragt als dicker, im Lichte weiss erscheinender Arm die Nährlösung. Der gegen seine Spitze ausgeübte Druck des Inhaltes zeigt sich deutlich an zahlreichen Tröpfchen, die aus der Membran hervorgepresst werden, und die schwach saure Reaction zeigen. In einer bestimmten Grösse tritt zunächst ein Stillstand des Längenwachsthums ein, dafür erscheint an der elegant verjüngten Spitze eine knopfförmige Anschwellung (Fig. 3 c und Fig. 4 Taf. I), die in schneller Zunahme bald dem jungen Fruchtträger die Gestalt eines Spielkegels gibt. Der ganze Fruchtträger strotzt von einem dichten, körnigen, gelbröthlichen Protoplasma, welches, in dem Masse als es aus dem Mycelium in ihn ausströmt, an dieser Stelle durch wässerige Flüssigkeit ersetzt wird. Die Anschwellung des Fruchtträgers, das zukünftige Sporangium (Fig 4 und 5 Taf. I) wird zu Ende durch eine Scheidewand von ihm abgeschieden, die nicht an der Grenze von Stiel und Sporangium beide horizontal abgrenzt, sondern in hoher Wölbung ein bedeutendes Stück (Fig. 6 b Taf. I) aus dem Kugelraum des Sporangiums ausschneidet.[1]) Mit dem

[1]) Die Scheidewand ist nicht etwa ursprünglich horizontal und erhält ihre gewölbte Form durch Dehnung unter dem Einflusse des Druckes der Flüssigkeitssäule im Fruchtträger, wie mehrfach angegeben wird; sie hat in der ersten Anlage die gewölbte Gestalt, die nachträglich nur unwesentlich modificirt wird.

Auftreten dieser Scheidewand ist der Fruchtträger vom Sporangium gesondert, welches nun seine weitere Ausbildung erhält. Während an seiner Aussenwand sich eine höchst zierliche Verzierung aus feinen nadelförmig zugespitzten Stacheln (Fig. 6 c Taf. I) vorbereitet, welche die gelbe Farbe des Sporangiums erheblich verdunkeln, vollzieht sich im Innern aus dem dichten Inhalte die Formung der Sporen.

Das Protoplasma sondert sich in einzelne, deutlich umschriebene Partieen von der Grösse der Sporen, deren jedesmalige Grenzen helle Streifen des Protoplasmas kennzeichnen (Fig. 7 d und e Taf. I). Die Ansicht wird besonders deutlich, wenn man die Sporangien in diesem Zustande vorsichtig entleert. Von einem Auftreten von Zellkernen, die der Zerklüftung des Protoplasmas vorangehen oder mit der Bildung der Sporen erscheinen, ist zu keiner Zeit etwas sichtbar. Die einzelnen Partieen des Protoplasmas scheiden schnell eine Membran ab, mit deren zunehmender Dicke sie ihren körnigen Charakter verlieren und ein eigenthümliches Lichtbrechungsvermögen erhalten, welches die reifen Sporen auszeichnet. Die Sporen berühren sich nicht gegenseitig, sondern sind vom Anfange ihrer Entstehung an von einer Demarkationssubstanz getrennt, die später, wie wir sehen werden, bei der Entleerung des Sporangiums eine Rolle zu spielen bestimmt ist.

Während dieser Vorgänge steht das Längenwachsthum des Fruchtträgers still, es harrt gewissermassen der Reife des Sporangiums, um sich nun mit grosser Schnelligkeit zu vollziehen. Für diese Streckung, mit der der Fruchtträger oft bis zu seiner 10fachen Länge emporschiesst, wird der noch im Mycelium und Fruchtträger vorhandene Rest von Protoplasma verwendet. Ist sie vollendet, dann sind Fruchtträger (Fig. 10 Taf. I) und Mycelium nur mehr von fast ausschliesslich wässeriger Flüssigkeit erfüllt. Jetzt sieht man in beiden vielfach Scheidewände, deren Bildung, so weit die Beobachtung folgen kann, erst in später Zeit vor sich geht.

Die Bildung des Fruchtträgers und die Fruchtreife vollzieht sich in 24—36 Stunden je nach der Wärme der Jahreszeit, und spätestens in 3 Tagen seit der Aussaat steht der aus einer Mucorspore cultivirte Pilz fertig da. Doch schon nach eben vollendeter Entwickelung der Fruchtträger und ihrer Sporangien ist der Mucor weiteren Veränderungen unterworfen, durch welche die

Sporen ohne Verzug ihrer Bestimmung zur Entwicklung neuer Generationen anheimfallen.

Die Fruchtträger des Mucor wenden sich dem Lichte zu, und mit vollendeter Streckung und nachlassendem Turgor im Fruchtträger folgen die Sporangien dem Zuge der Schwere und sinken um. Hierbei kommt die Feuchtigkeit der Luft, die sich thauartig um das Sporangium niederschlägt, mit ihrem Gewichte zu Hülfe, sie übernimmt bei der Entleerung der Sporangien, die wir nun genau zu untersuchen haben, und die bisher nie von einem Beobachter zum Gegenstande speciellen Studiums gemacht ist, eine Hauptrolle.

Werfen wir zur Erläuterung des Vorganges einen kurzen Rückblick auf die Structur des reifen Sporangiums. Dieses besitzt eine dicke Membran, die nach aussen mit dichtgestellten Stacheln bedeckt ist, nach innen die zahllosen Sporen umkleidet, welche nach unten durch die gewölbte Scheidewand, die Columella, vom Fruchtträger getrennt sind.

Bringt man ein Sporangium, welches in hinreichend feuchter Luft zur Reife gekommen ist, auf einen Tropfen Flüssigkeit, so entleert es sich in einiger Zeit plötzlich oder schneller und anschaulicher, wenn es mit einer Nadelspitze leicht berührt wird. Dasselbe verbreitet sich in einem Augenblicke, wie ein schnell aufgespannter Regenschirm, über den Wassertropfen des Objectträgers.[1] Von einer Sporangienmembran ist nichts mehr zu sehen, die ganze Sporenmasse liegt in merkwürdiger Regelmässigkeit auseinander getrieben da, so zwar, dass die Sporen nicht übereinander, sondern in ziemlich weiten Distanzen von einander geschoben sind. Versucht man sie zu trennen, so gewahrt man bald, wie sie von einer nicht sichtbaren, klebrigen und zähen Substanz[2] zusammengehalten werden, mittelst der sie sich an der berührten Stelle der Nadelspitze ankleben, und bei

---

[1] Am auffallendsten ist die Erscheinung des Entleerens der Sporangien an ganz trocknem Material zu beobachten, wenn es auf einen Wassertropfen gebracht wird.

[2] Dieser Substanz geschieht zuerst in der schon angeführten Arbeit von *Zimmermann* (das Genus Mucor 1871. S. 25 Erwähnung: »Vor der völligen Reife der Sporen findet sich stets noch Protoplasma zwischen ihnen vor, es erscheint als schleimige Masse, in welcher die Sporen eingebettet liegen. Später ist es ganz verschwunden, wahrscheinlich also vollständig aufgesaugt worden.

Auch *J. B. Carnoy* (Recherches anatomiques et physiologiques sur les champignons, prémier mémoire concernant spécialement les Mucorinées. Gand 1870.) hat dieselbe bemerkt: Au sortir d'un sporange mûr, les spores du M. romanus et des Mucorinées en général démeurent comme agglutinees par une matière visqueuse. Cette substance est due sans doute à des restes de protoplasme inter-

deren Entfernung in ganzer Masse in Gestalt eines langen Fadens nachgezogen werden, der am Ende elastisch, wie ein gezogener Kautschuckfaden, zu einem Tropfen zusammenschnellt. — Es wird also zuerst nach dem Verbleiben der Sporangienmembran mit ihrer stacheligen Bekleidung und dann nach der ursächlichen Kraft zu suchen sein, durch welche die Sporangien entleert und die Sporen auseinander getrieben werden.

Die Sporangienmembran zeigte noch mit vollendeter Streckung der Fruchtträger ihre völlige Continuität, und Reactionen mit Chlorzinkjod liessen durch blaue Färbung, die sie hervorriefen, über die stoffliche Beschaffenheit als Cellulose keinen Zweifel. Wenige Stunden nach der Streckung ist die Beschaffenheit des Sporangiums aussen unverändert, man sieht die stachelige Hülle und durch sie die Sporen durchschimmern, aber jetzt in diesem Stadium lässt die Untersuchung nichts mehr von der Sporangiummembran erkennen. Es bedarf nur mehr eines Hauches über ein unverletzt abgenommenes Sporangium, es ganz zu einem Tröpfchen auf dem Objectträger zerfliessen zu sehen, in welchem die Sporenmasse (Fig. 11 b Taf. I) von einem weiten wasserhellen Rahmen (*a*) umgeben ist, der in Wasser nichts mehr von einer Membran erkennen lässt; nur die stachelige Bekleidung liegt in zahllose Trümmer (*c*) zerbrochen über den Sporen. Die Sporangienmembran zerfliesst zu einer in Wasser löslichen, durch Reagentien nicht mehr irgend beeinflussten Substanz; doch unabhängig von ihr bleibt die stachelige Bekleidung unverändert, ihre von der Sporangienmembran abweichende stoffliche Zusammensetzung darthuend. Mit der Veränderung der aus Cellulose bestehenden Sporangienmembran in eine in Wasser zerfliessende lösliche Substanz wird die Entleerung der Sporangien ermöglicht. Sie sind nach mehrstündiger Reife in feuchter Luft nur noch von der äusseren in Continuität gebliebenen stacheligen Membranschicht umschlossen, und die leiseste äussere Beeinflussung und Störung, wie die vorhin angewandte mit der Nadelspitze, reicht aus, die Entleerung zu bewirken. Diese erfolgt nun nicht etwa durch eine mechanische Verbreitung der Sporen in Wasser, sondern durch die Wirkung einer mächtig quellbaren Substanz (Fig. 7 e Taf. I) die zwischen

---

sporaire plus ou moins liquéfies. La potasse la dissout instantanément et isole complétement toutes les spores; il en est de même du chlorure de zinc, mais l'alcool paraît agir beaucoup moins efficacement sur elle. S. 35.

ihnen liegt. Sie breitet sich bei Zufuhr von Wasser in einem Augenblicke aus, treibt die Sporen auseinander (Fig. 8 e Taf. I) und zeichnet sich durch zähe klebrige Beschaffenheit aus.

Dem Ursprunge dieser Substanz musste besondere Aufmerksamkeit zugewandt werden. Sie ist zunächst nicht von der zerflossenen Sporangienmembran herzuleiten, weil diese sich ohne Quellung, einfach in Wasser löst, sie muss also entweder von den Sporen abgeschieden oder mit ihrer Bildung zugleich angelegt werden. Zur Entscheidung dieser Frage mussten ganze Entwicklungsreihen von Sporangien einer mikroskopischen und mikrochemischen Untersuchung unterzogen werden.

Junge Fruchtträger zeigen bald nach der Anlage der Columella die Zertheilung des Protaplasmas in einzelne Partieen (siehe oben), die deutlich von einander geschieden sind (Fig. 7 d und e Taf. I). Mit der Formung der Sporen, noch bevor sie mit einer durch Reagentien deutlich nachweisbaren Membran umgeben sind, werden ziemlich breite Interstitien zwischen ihnen wahrnehmbar, die hell hervortreten. Zerdrückt man in diesem Stadium ein Sporangium unter Wasser, so sieht man die interstitielle Substanz mächtig quellen zu einem grossen Gallertklumpen (Fig. 8 d und e Taf. I), in dem die Sporen vertheilt liegen wie die Fäden des Nostoc in der Colonie. Die »Zwischensubstanz« ist sowohl vor wie nach der Quellung farblos und körnchenfrei, sie wird mit Chlorzinkjod schwach gelblich gefärbt, löst sich mit der Zeit in Wasser, schneller aber in Ammoniak auf, worin dann die Sporen frei zurückbleiben. Diese mächtige, aufquellende Substanz wird nicht von den noch fast membranlosen Sporen abgeschieden, sie ist mit den Sporen zugleich vorhanden und mit ihrer Differenzirung aus dem Gesammtprotoplasma der Sporangien angelegt. Ebenso wenig wird über ihren Zweck, ihre Bestimmung nach dem Mitgetheilten ein Zweifel obwalten. Sie dient durch ihr Quellungsvermögen zur Entleerung der Sporangien und zur Verbreitung der Sporen.[1])

Es kann hier nicht der Ort sein zu bestimmen, ob und in wie weit für das jetzt geltende Schema der simultanen Zelltheilung die letzt erwähnten Beobach-

[1]) *Zimmermann* Genus Mucor S. 25 hat alle Einzelheiten bei der Entleerung gesehen, aber offenbar unrichtig gedeutet, weil ihm die Structur der Sporangien nicht klar war. »Die Sporangienmembran ist ausserordentlich quellungsfähig, sie löst sich bei den meisten Mucorinen schon durch blossen Zusatz von Wasser sehr leicht in eine feinkörnige Masse auf. Man sieht sie dann geradezu auseinander fliessen.«

tungen im Allgemeinen in Betracht kommen. Es mag nur die Andeutung Raum finden, dass die Menge dieser für die Sporenbildung nicht verwendeten Substanz aus der Masse des Sporangiums, die, mag sie auch nicht den Charakter des Protoplasmas haben, doch zweifellos aus ihm beim Theilungsvorgange hervorgeht, bei mehreren Mucorinen ohne jede Quellung schon so mächtig ist, dass sie der Gesammtmasse der Sporen mindestens gleichkommt, dass sie nicht immer wasserhelle, auch körnige Beschaffenheit hat. Jedenfalls ist der Vorgang der simultanen Theilung bei einer Abtheilung der Mucorinen (und es mag vorgreifend erwähnt sein bei allen langgestreckten, typisch unverzweigten, die ich bis jetzt untersucht habe, übereinstimmend) ein anderer, als man bisher angenommen, und weicht vielleicht nicht mehr so tief unterschiedlich von der freien Zellbildung ab, als dies nach unserer derzeitigen Anschauung der Fall ist.

Eine quellbare Zwischensubstanz, wie sie im Sporangium der Mucorinen vorkommt, bewirkt wahrscheinlich auch die Entleerung der Zoosporangien der Saprolegnien, Peronosporeen und Algen. *De Bary*[1]) sprach schon früher diese Vermuthung ziemlich bestimmt aus, die freilich von *Pringsheim*[2]) bekämpft wurde, und neuerdings hat *Walz*[3]) eine besondere Abhandlung veröffentlicht, wonach die Entleerung der Zoosporangien von Oedogonium, Cladophora, Saprolegnia etc. aus der Aufquellung der inneren Membranschicht der Zoosporangien durch Wasseraufsaugung entsteht. — Ich gedenke diese und weitere Fälle simultaner Zelltheilung bei den Pilzen und deren Sporenentleerung ein anderes Mal besonders und specieller zu behandeln.

Es bleibt nun noch übrig, die Beschaffenheit der stacheligen Membran des Sporangiums zu analysiren. Sie ist unlöslich in Wasser, wird ferner von den verschiedenen Reagentien auf Cellulose nicht beeinflusst, sie löst sich dagegen mit Leichtigkeit in verdünnter Salzsäure (Fig. 12 Taf. I). Auf dieses Verhalten gestützte Vermuthungen über ihre anorganische Natur entscheidet eine vorsichtige Verbrennung auf einem Deckglase. Der Fruchtträger und das Sporangium bewahren ihre Umrisse, das letzte die vom Feuer wenig veränderte Berindung. Die Verbrennungsreste verschwinden sämmtlich unter heftigem Auf-

[1]] *De Bary*. Die Algengattungen Oedogonium und Bulbochaete. Abhandl. der Senkenberg'schen Gesellschaft. Frankfurt a./M, 1854. Bd. I.

[2]) *Pringsheim*. Jahrbücher Bd. I. Morphologie der Oedogonien S. 28.

[3]) *Walz*. Ueber die Entleerung der Zoosporangien. Botanische Zeitung. 28ter Jahrgang Nr. 43 u. 44.

brausen in verdünnter Salzsäure. Die stachelige Rinde ist demnach keine vegetabilische Membran aus Cellulose oder verwandten Stoffen bestehend, sondern anorganischer Natur. Bei Verbrennungen von Fruchtträgern mit Sporangien in grösserer Quantität kann man sich chemisch und spectralanalytisch leicht des Weiteren überzeugen, dass sie aus oxalsaurem Kalk besteht. Der Kalk wird von der Membran des Sporangiums abgeschieden und bildet eine vollkommen geschlossene Rinde um dieses Fig. 9 und 10 Taf. I), auf der die Stacheln ganz nach Art vegetabilischer Membranverdickung, wofür man sie ja auch bisher gehalten hat, hervorragen. Alle übrigen Membranen des Mucor sind ebenfalls reich an oxalsaurem Kalk, der auch hier mitunter in feinen Körnchen aussen abgelagert ist.[1]

Zum Schlusse des Abschnittes über die Bildung der ungeschlechtlichen Sporangien und ihre Entleerung von Sporen darf eine ganz abnormale Austrittsweise der Sporen, wie sie mitunter vorkommt, nicht übergangen werden; sie konnte nicht wohl eher in Betracht gezogen werden, weil sie zu ihrer Erklärung die genaue Kenntniss der Construction eines reifen Sporangiums voraussetzt. Aus dieser geht hervor, dass den Sporangien mit der Reife eine Spannkraft innewohnt, die durch die Quellbarkeit der Zwischensubstanz ausgeübt wird. Diese Kraft wirkt einerseits gegen die Sporangienmembran, anderseits gegen die Columella, das gewölbte Ende des Fruchtträgers. Der Widerstand ist nach beiden Richtungen nahezu gleich, so lange die Membran des Sporangiums nicht zerflossen und der Fruchtträger unverletzt ist. Hebt man nun einen jungen Fruchtträger mit noch intacter Sporangienmembran ab, so entleert dieser aus der offenen Abrissstelle seinen Inhalt. Dadurch wird der Druck der Flüssigkeitssäule, der im Fruchtträger von unten gegen die Columella wirkt, und der auch nach der Streckung des Fruchtträgers zunächst noch fortdauert, aufgehoben, und in demselben Augenblicke drückt die Sporenmasse gegen die zarte Columella, die bei Mucor Mucedo keine nachträgliche Verdickung erfährt.[2] Sie wird im

[1] In Salzsäure löst sich auch der Rest der Sporangienmembran, der nach der Entleerung der Sporangien unten die Columella kragenartig, scheinbar als Abrissstelle der Membran, umgibt (Fig. 13 c Taf. I); derselbe ist also nur aus den Bruchstücken der Kalkkruste gebildet, die hier zufällig hängen geblieben sind.

[2] Bei denjenigen Mucorinen, bei denen sich die Membran der Columella nachträglich nicht verdickt, z. B. beim Mucor Mucedo, ist die Gestalt der Columella ein trügerisches Kennzeichen.

gelindesten Falle etwas zusammengedrückt, und verliert dadurch ihre charakteristische Gestalt. Der Druck, von der Last eines Deckglases oder der Präparation noch unterstützt, kann jedoch so weit gehen, dass die Columella eingedrückt, in den Fruchtträger hineingepresst und hier der Wand eng anliegend zerrissen wird. Durch den Riss treten dann die Sporen in den Fruchtträger. An dieser Stelle sind sie schon früher von *Hoffmann*[1]) und neuerdings von *J. B. Carnoy*[2] gefunden worden. Sie sind aber gewiss nicht im Innern des Fruchtträgers erzeugt; während fast zweijähriger Beschäftigung mit Mucorinen habe ich mich stets davon überzeugen können, dass der Fruchtträger für Sporenbildung befähigtes, vielleicht bei der ersten Bildung eines Sporangiums in Folge zufälliger Umstände nicht ganz verwendetes Protoplasma in oft sehr kleinen Sporangien eines kurzen Seitenzweiges zur Verwerthung bringt, dass er aber niemals in seinem Innern Sporen bildet.

Die Fruchtträger von Mucor Mucedo sind normaler Weise unverzweigt Fig. 3 Taf. I u. 23 Taf. II. Eine Zweigbildung ist, wo sie sich findet, niemals regelmässig, sie ist immer nur zufällig durch störende Einflüsse von aussen entstanden. So geben directe Eingriffe während der Ausbildung junger Fruchtträger die Veranlassung zur Zweigbildung, die gestörten Fruchtträger verkümmern ganz oder theilweise, es bilden sich Seitenzweige mit neuen Sporangien. Sehr auffällig ist dies der Fall, wenn man Culturen in den geeigneten Momenten der Entwicklung mit einem festen Gegenstande z. B. mit einer Glasscheibe bedeckt; die gestörten, in der Streckung behinderten Fruchtträger bilden zahlreiche

Sie hat hier unter den Einflüssen, denen sie bei ihrer Zartheit ausgesetzt ist, fast nie dieselbe Form, wie ein Blick auf Fig. 13 Taf. I zeigt. Will man ihre Gestalt genau bestimmen, so muss man entweder auf ihre erste Anlage zurückgehen, oder man muss beim Abheben eines Fruchtträgers vom Substrat verhindern, dass er sich an der Abrissstelle verblutet.

[1] *Hoffmann*. Icones analyt. p. 82.

[2] *J. B. Carnoy*. Recherches anatomiques et physiologiques sur les champignons, I. mémoire, planch. III. Fig. 3 u. 5.

[3] Die der Columella entsprechende Scheidewand, die das Sporangium vom Fruchtträger abscheidet, fehlt indess auch den kleinsten Sporangien nicht, sie ist nur nicht gewölbt, sondern horizontal gerade am Ausgangspunkte des Fruchtträgers in das Sporangium gestellt, und darum sieht man sie in seitlicher Ansicht meist nicht. — Der Ausdruck Columella ist wenig glücklich gewählt, doch zu sehr eingebürgert um ihn abzuschaffen; er bezeichnet ein Organ, das nur eine Scheidewand ist. Man ist nun gezwungen, Fruchtträger als columellenlos zu bezeichnen, bei denen diese Scheidewand nur nicht gewölbt aber keineswegs nicht vorhanden ist.

Seitenzweige. Der directen Störung ähnlich wirkt schnelle Temperaturerniedrigung, ferner die Zersetzung des ernährenden Substrates und dadurch eintretende mangelhafte Ernährung. In sehr ausgedehntem Grade endlich werden diese Störungen, welche ganz abnorme Verzweigungen der Fruchtträger (Fig. 24 Taf. I) des Mucor Mucedo veranlassen, von einer Reihe parasitischer Pilze ausgeübt, denen wir in den nächsten Kapiteln dieser Arbeit unsere Aufmerksamkeit speciell zuwenden werden.

Die Sporangien der Verzweigungen eines verkümmerten, in der Entwicklung gestörten oder von Parasiten befallenen Mucor nehmen in allen Variationen an Grösse ab und verlieren allmählich den typischen Charakter des Mucor. Die Columella büsst ihre bestimmte Gestalt ein, sie wird immer kleiner und fehlt endlich ganz (Fig. 24 Taf. I u. Fig. 11 Taf. III). Ebenso ändern auch die Sporen ihre Gestalt, sie werden kleiner, mehr eiförmig und schliesslich sogar ganz rund (Fig. 11 Taf. III). Diese kleinen runden Sporen haben nur die halbe oder viertel Grösse der normalen, sie messen 0,0033 Mm. Auch die Membran dieser kleinen Sporangien ist derber wie die der grossen und darum weniger leicht zerfliesslich. Cultivirt man diese kleinen Sporen der abnormen Sporangien in gutem zusagenden Substrate, so erhält man aus ihnen den ächten Mucor Mucedo mit allen seinen typischen Eigenschaften wieder.

In der Natur machen sich die hier erwähnten störenden Einflüsse bei der Entwicklung des Mucor sehr oft geltend, und je nachdem sie einzeln oder vereint auf ihn einwirken, treffen wir ihn in allen Uebergängen der Verzweigung und in allen Abstufungen der Grösse an, die zwischen der normalen Form der Fig. 7, 10, Taf. I u. Fig. 23 Taf. II und den zwerghaften und verzweigten der Fig. 24 Taf. I möglich sind. In jedem speciellen Falle, wo ich diese kleinen Kümmerlinge im Freien vorfand, habe ich mich durch vorsichtige Cultur ihrer Sporen überzeugt, dass sie die inconstanten, durch zufällige Umstände bedingten Formen des Mucor Mucedo sind, dass sie sofort in die normale Form zurück gehen, wenn alle entwicklunghemmenden und störenden Einflüsse bei der Cultur ausgeschlossen sind, und dass es also weit gefehlt sein würde, auf ihre abweichenden Eigenschaften neue Arten zu gründen, wie es ohne Zweifel früher vielfach geschehen ist.

Auf Objectträgerculturen fructificirt der Mucor Mucedo nie anders als in ungeschlechtlichen Sporangien, so üppig auch die Mycelien sind, es kommt nur

zur Bildung von mehreren Sporangienträgern, aber niemals von Geschlechtsorganen und Zygosporen; gleichwohl sind sie bei spontanen Mucorvegetationen auf Pferdemist keine grosse Seltenheit. Ich fand sie zuerst auf einem solchen, den ich zur Mucorentwicklung unter eine Glocke gestellt hatte. Sie hoben sich auf dem Grunde des Mistes als deutliche schwarze Punkte ab und sind an dieser Stelle wohl nur durch die auffallende äussere Aehnlichkeit mit mistbewohnenden Sphaerien bisher übersehen worden. Ihre Bildung geschieht aus Aesten des Myceliums, und sie fanden sich, als besonders darnach gesucht wurde, überall in den Mycelien an der Oberfläche und im Innern des Mistes; dieser erschien in späteren Fällen oft schwarz punktirt von der Masse der Zygosporen. Es war besonders auffallend, wie auf solchen Culturen, welche so reichlich Zygosporen erzeugt hatten, die Mucorfruchtträger gegen die Zahl der Zygosporen zurücktraten; dazu gelang es nicht, bei oft wiederholter vorsichtiger Präparation, den Zusammenhang der Zygosporen und der ungeschlechtlichen Sporangien nachzuweisen, woraus mit Wahrscheinlichkeit hervorgeht, dass in den Mycelien, die Zygosporen bilden, eine Erzeugung ungeschlechtlicher Sporangien unterbleibt. Auch eine Entscheidung der Nebenfrage, ob die Zygosporen von zwei Fäden eines Myceliums oder verschiedenen Fäden zweier gebildet werden, war nicht möglich, da sich die Mycelien der Massenculturen zu sehr verflechten. Dagegen scheint es ziemlich sicher zu sein, dass sich die Zygosporen nicht an zwei Gabelästen desselben Fadens bilden wie bei Syzygites megalocarpus; bei den jüngsten Zuständen, die aufgefunden wurden, konnten die copulirenden Fäden nach entgegengesetzten Richtungen weit verfolgt werden.

Die Copulation erfolgt genau so, wie sie von *de Bary* bei Syzygites beschrieben ist. An zwei gegen einander getretenen und mit der Vorderfläche eng verbundenen Mycelfäden, welche sich nur wenig über das Substrat erheben oder im Innern in seine Luftinterstitien eintreten, werden 2 Zellen (je eine für den Faden) fast gleicher Grösse (Fig. 14 a a Taf. II.) durch Scheidewände abgeschieden. Diese Zellen vereinigen nach Resorption der Zwischenwände, mit denen sie sich berühren, ihren Inhalt (Fig. 15 a Taf. II). Mit stattgefundener Copulation beginnt die erzeugte Zelle, die junge Zygospore, ein schnelles Wachsthum. Nur für kurze Zeit folgen die Tragzellen — Suspensoren — ihrer Grössenzunahme, schon bald hebt sie sich an Grösse hervor, und es erscheinen auf der noch nicht differenzirten Membran, dicke, rund umschriebene, warzenartige

Erhebungen (Fig. 15 c Taf. II), in denen sich zuerst dunkle Farbenschattirungen zeigen. Diese erste Anlage der Membranverdickung und Differenzirung schreitet an der wachsenden Zygospore allmählich zur Ausbildung eines dicken schwarzen Exosporiums (Fig. 16, 17 und 18 a Taf. II) voran, dessen dunkle Färbung sich noch über die Träger (b) in ziemlicher Ausdehnung hinzieht. Letztere haben an der reifen Spore geringe, von einander wenig abweichende Grösse und fallen mit grosser Leichtigkeit von ihr ab, so dass es oft den Anschein hat, als ob die Zygospore nur von einem Träger und Faden erzeugt wäre. Die ausgebildete Spore, deren Grösse schwankt von 0,0990—0,2145 Mm., ist von zwei dicken Membranen umgeben. Die äussere ist schwarz, rauh und uneben, mit dicken, weit hervorragenden Protuberanzen versehen (Fig. 16, 17, 18 Taf. II), die zu gross und weit sind um regelmässige Anordnung erkennen zu lassen; sie ist hart und brüchig und kann durch schnell geführten Druck von der inneren Membran gelöst werden, die mit dem unverletzten Inhalte der Spore hervorschnellt (Fig. 19 Taf. II). Ausgebreitet zeigt das Exosporium die hellen und glatt umschriebenen Ansatzstellen der Träger (Fig. 18 a Taf. II). Fast von allen Reagentien bleibt es unverändert, z. B. Kalilauge, verdünnter Salpetersäure und Salzsäure; über seine stoffliche Natur vermag ich vorläufig nichts auszusagen. Dagegen hat das Endosporium die Beschaffenheit einer Zellulosemembran; es ist ungefärbt, aber auch auf seiner Oberfläche treten eine Menge von Stacheln (Fig. 19 b Taf. II) hervor, mit Ausnahme zweier runder Flecken (von denen in Fig. 19 nur einer in a sichtbar ist), die eben sind und den Ansatzstellen der Träger entsprechen. Der vom Endosporium umschlossene Inhalt besteht aus dickem, sehr feinkörnigem Protoplasma, in dem, durch die Haut schimmernd, ein dicker Oeltropfen (Fig. 19 c) schwimmt; er zertheilt sich beim Zersprengen der Membran in viele kleine Tröpfchen. Ueber die Verbindung der beiden Membranen mit einander und über ihre Dicke verschafft man sich durch dünne Durchschnitte leicht die nöthige Klarheit. Fig. 20 Taf. II zeigt, wie die Stacheln des Endosporiums (b) den grossen Erhebungen des Exosporiums (a) entsprechen, welche hohl sind, und in deren Höhlungen sie genau hineinpassen. An Dicke übertrifft das Endosporium noch seine schwarze Hülle.

Die Keimung der gefundenen Zygosporen war demnächst das Ziel weiterer Bemühungen. Sie wurden durch Ausschlämmen des Mistes mit Wasser, worin reife Zygosporen stets untersinken, gesammelt und von allen Unreinlichkeiten

befreit in Cultur genommen. Sie lagen 5 Wochen lang unverändert auf einem Objectträger unter einer mit Wasser abgesperrten Glocke; mit der sechsten begannen die Keimungen, die weitere 6 Wochen lang unausgesetzt fortdauerten und an mehreren hundert Zygosporen beobachtet wurden. — Aus den Häuten der Spore tritt in den meisten Fällen ein einziger Keimschlauch hervor; er hat alle Eigenschaften des früher beschriebenen ungeschlechtlichen Fruchtträgers von Mucor Mucedo (Fig. 22 f und 23 e Taf. II). In stets wiederholten Beobachtungen gab er immer nur eine Bestätigung der früher angegebenen einzelnen Entwicklungsphasen, und oft erneute Cultur seiner Sporen einzeln, und in ausgekochten sehr verschiedenen Substraten zu vielen, vermochten an seinen typischen Eigenschaften nichts zu ändern. Die enge Austrittsstelle des Keimschlauches oder Fruchtträgers aus der Zygospore, die nur eben seinen Dimensionen entspricht (Fig. 21 und 23 Taf. II), gestattet in den meisten Fällen keine genügende Einsicht in den Vorgang der Keimung; bei der grossen Masse zur Keimung geförderter Zygosporen klärten jedoch manche Ausnahmen jeden Zweifel auf. Hier wurde das Exosporium (Fig. 22 a Taf. II) in weitem Spalt aufgerissen, und man sah an dem Endosporium aufs deutlichste die Durchbruchsstelle des Keimschlauches. Er durchbricht beide Häute, und man kann mit einigem Geschick den ganzen Keimapparat, mit eigener Membran umkleidet, als grosse Blase hervorziehen: das Endosporium hat mit begonnener Keimung erheblich an Dicke verloren.

Der Fruchtträger, der aus einer Zygospore hervorgeht, wächst erheblich langsamer, wie der auf einem Mycelium. Am ersten Tage erreicht der Keimschlauch eine Länge von einem viertel bis halben Zoll, am zweiten Tage beginnt die Bildung des Sporangiums, und erst mit dem Ende des dritten ist die Streckung des Fruchtträgers vollendet. Die heisse Sommerzeit beschleunigt den Prozess um einen Tag.

Aus einer Zygospore kommt nur ein Keimschlauch mit einem Sporangium; allein bei der Störung des Schlauches vor der Sporenbildung kommt ein zweiter (Fig. 21 d Taf. II), und wenn man ihn in Wasser untertaucht, ein dritter u. s. f.; jeder folgende ist natürlich, nach dem Substanzverluste vorher verunglückter, kleiner und sein Sporangium dem entsprechend sporenärmer. Hier und da wird auch bei Störungen des ersten Schlauches kein neuer erzeugt, sondern ein Seitenzweig (Fig. 22 f Taf. II) des ersteren gebildet, der seinerseits unfrucht-

bar bleibt. Niemals verzweigt sich der Fruchtträger, so wenig wie es die ungeschlechtlich erzeugten thun.

Nach dieser Mittheilung ist unser Mucor Mucedo der Reihe normaler Mucorinen (Sporodinia grandis, Mucor stolonifer und Mucor fusiger) eingefügt, von deren Kreislauf er in nichts abweicht. Damit ist unsere erste Frage nach dem Entwicklungsgange des Mucor, im Einklange mit den bei Sporodinia grandis durch *de Bary* bekannten Thatsachen, gelöst.

Bei diesem einseitigen Beweise der Unzulässigkeit weiteren genetischen Zusammenhanges soll hier nicht stehen geblieben, sondern der entgegengesetzte zugleich beigebracht werden, dass die mit ihm verbundenen Sporangiolen nebst den Brutzellen nicht zu Mucor Mucedo gehören, und dass ganz besonders die Conidienformen eine eben so bestimmte für sich geschlossene Entwicklung haben, wie der Mucor Mucedo selbst.

Was die Sporangiolen betrifft, das frühere Thamnidium elegans *Link*, so haben ausgedehnte Culturversuche einzelner Sporen in Culturlösungen auf Objectträgern und Massenaussaaten auf ausgekochtes Substrat dargethan, dass sie eine scharf charakterisirte Species des Genus Mucor repräsentiren. Ich muss mich hier auf die blosse Angabe der Thatsache beschränken, weil die Beweisführung mit der speciellen Behandlung der Mucorspecies aus dem Rahmen dieser vorliegenden Arbeit heraustreten würde und desshalb der späteren Monographie der Mucorinen vorbehalten bleiben muss.

Die Gonidien, Brutzellen des Mucor Mucedo, sind ein Nebenproduct der Mycelfäden des Thamnidium elegans, des Mucor racemosus und verwandter Formen; sie sind dem Mucor Mucedo nicht eigen, in dessen Mycelien, mochten sie in Fruchtsäften oder Mistdecoct gewachsen sein, sich solche Erzeugnisse niemals antreffen liessen.

Ehe wir nun zur Mittheilung der weiteren Untersuchungen der Conidienformen übergehen, dürfte es am Platze sein, diejenigen Erfahrungen hier zusammenzufassen, die aus dem consequent beobachteten Entwicklungsgange dieses Mucor für die künftigen Untersuchungen der Mucorinen im Allgemeinen hervorgehen. Sie werden in kurzem Vergleiche mit früheren Untersuchungen darthun, wie diese bei ungenügender Methode, die immer nur den vorgefundenen Zustand, die vorgefundene Form betraf, unzureichend und trügerisch waren, und

wie es ohne Benutzung der entwicklungsgeschichtlichen absolut unmöglich ist, über die Systematik der Schimmelformen zum Abschlusse zu kommen.

Es bedarf zunächst nur der Andeutung, dass die Zygosporen der Mucorinen wegen zu grosser Aehnlichkeit mit einander wohl für den copulirenden Pilz als solchen ein Merkmal abgeben, das jedoch zu wenig durchgreifende Unterscheidungen bietet, diesen unter gleichen zu classificiren; hierbei sind vor wie nach die ungeschlechtlichen Fruchtträger massgebend.

Die letzteren sehen wir nun bei Mucor Mucedo unter störenden Einflüssen so variiren, dass man unter allen Umständen die kleinen verzweigten Formen, bei denen die Sporangienmembran mitunter verdickt ist und dann langsam zerfliesst, denen die Columella fehlt, deren Sporen klein und rund sind, ohne Kenntniss des Entwicklungsganges für Vertreter anderer Species, anderer Gattung halten wird, als den grossen unverzweigten Mucor mit leicht zerfliessender Membran des Sporangiums, grosser Columella und charakteristischer Sporenform und Grösse. Weiterhin ist es aus der Entwicklungsgeschichte von selbst klar, dass ein Mucor kaum in einem Augenblicke seines Lebens im Vollbesitze seiner Charaktere ist, die sich erst aus einer Beobachtung von Anfang bis zu Ende summarisch ergeben. Es haben also alle Charaktere eines vorgefundenen Mucor nur einen Werth, wenn sie ergänzt werden, sich bei Normalculturen in geeignetem Substrate constant erweisen, und wenn man endlich mit der vollkommenen Form auch ihre Abänderung unter dem Einflusse der Cultur und des Substrates und sonstiger natürlich vorkommender Störungen zugleich kennt. Der Weg der Cultur einer einzelnen Spore unter lückenloser Verfolgung ihrer einzelnen Entwicklungsmomente, unter Vermeidung der vielen und zahlreichen Fehlerquellen, wie sie durch Invasion fremder Pilzsporen entstehen, kann allein die Basis für die Kenntniss und Klassification dieser Schimmelpilze abgeben.

Damit sinken ein grosser Theil früherer und neuerer Studien dieser Pilze, die mit ihren Widersprüchen ein kaum zu bewältigendes Literaturmaterial abgeben, in sich zusammen.

Mag es vorgreifend gestattet sein, hier zu constatiren, dass alle Mucorinen eine zerfliessliche Sporangienmembran haben, dass eine Zerbrechlichkeit dieser Membran nur von dem Kalkkrüstchen abgeleitet sein kann, welches sie um das Sporangium besitzen, und welches nach dem Verschwinden der Zellulosemembran

mitunter in grosse membranähnliche Stückchen bricht; so fallen durch diesen gemeinsamen Charakter die früheren Gattungen, die theils auf Grund zerfliessender und zerbrechender Sporangienmembran, theils anderer untergeordneter, fast nirgends übereinstimmender Merkmale geltend gemacht sind, zu Mucor zurück. Es sind dies die Gattungen Ascophora und Hydrophora *Tode* [1]), Sporodinia und Thamnidium *Link* [2]), Rhizopus *Ehrenberg* [3]), Phycomyces *Kunze* [4]), Pilophora *Wallroth* [5]), Pleurocystis *Bonorden* [6]). Die genannten Gattungen hatten schon bei den eigenen Autoren nicht das Glück gegenseitiger Anerkennung und erlitten auch in den mycologischen Werken von *Bolton* [7]), *Fries* [8]), *Wallroth* [5]), *Nees v. Esenbeck* [9]) und *Corda* [10]) wechselndes Geschick, bis endlich *Fresenius* [11]) mit richtigem Tacte eine Reduction der Gattungen Ascophora, Hydrophora und Rhizopus zu Mucor vornahm, freilich mehr aus Verdruss über die vorhandene Confusion als in Erkenntniss der vorliegenden Irrthümer und des wahren Gattungscharakters. Später stellten *Woronin* und *de Bary* [12]) Sporodinia Phycomyces, Rhizopus, Thamnidium und Chaetocladium zu Mucor und reducirten die Mucorinen auf Mucor und Pilobolus.

In der That bestehen mit hinreichend scharfer Unterscheidung nur diese beiden Gattungen.

---

[1]) *Tode*. Fungi Mecklenburgenses selecti. Luneburgi I. 1790. p. 13. II. 1791. p. 5.

[2]) *Link*. Observationes in ordines plantarum naturales. Diss. I im Magazin der Gesellschaft naturforschender Freunde. 1816. p. 30.

[3]) *Ehrenberg*. Sylvae mycologicae Berolinenses. Berol. 1818. und de Myceetogenesi. Nova acta Leop. 1821 X, I. Tab. XI.

[4]) *Kunze*. Mycologische Hefte II. Leipzig 1823.

[5]) *Wallroth*. Flora cryptogamica Germaniae Norimbergae. 1833.

[6]) *Bonorden*. Handbuch der allgemeinen Mycologie. Stuttgart 1851.

[7]) *Bolton*. Geschichte der merkwürdig. Pilze. A. d. Engl. mit Anmerk. von K. L. Wildenow Berlin. tom. IV. 1820. p. 56 u. 57.

[8]) *Fries*. Systema orbis vegetabilis. Lundae 1825 u. Systema mycologicum. Gryphiswaldae 1832.

[9]) *Nees van Esenbeck*. System der Pilze und Schwämme. Würzburg 1816, und System der Pilze. Bonn 1837.

[10]) *Corda*. Icones Fungorum. Pragae 1837—42 u. Prachtflora europäischer Schimmelbildungen. Leipzig u. Dresden 1839.

[11]) *Fresenius*. Beiträge zur Mycologie. Frankfurt 1858—63. I. Heft. p. 1—13, III. Heft. p. 96.

[12]) *Woronin* und *de Bary*. Beiträge zur Morphologie u. Physiologie der Pilze. II. Serie. Mucor Mucedo u. Mucor stolonifer. S. 11—34.

Mucor ist ausgezeichnet durch die ganz zerfliessende Sporangienmembran.

Pilobolus durch die Cuticularisirung derselben mit Ausnahme einer rund umschriebenen Insertionsstelle an dem Fruchtträger, die allein stark aufquillt und dann zerfliesst[1]).

Diese Charaktere konnten erst durch erneute Untersuchung der bekannten Mucorarten und Piloboli festbegründet werden. — Bei Pilobolus ist der eigentliche Charakter bisher verkannt gerade so wie bei Mucor und ein oft beschriebener Vorgang des Kopfabschleuderns an seine Stelle gesetzt; er konnte erst richtig an einem neuen Pilobolus (Fig. 25 Taf. I erkannt werden, der ihn in seiner Einfachheit zeigt. Bei diesem, den ich Pilobolus Mucedo nennen will, der im Habitus einem Mucor gleicht, dessen Fruchtträger eine Länge von 3—4 Zoll erreicht, wird das Sporangium wie Fig. 26 Taf. I zeigt, nicht abgeschleudert, sondern es quillt ab durch die Quellschicht. Dasselbe geschieht bei den beiden anderen Arten von Pilobolus, wenn durch geeignete Mittel das Kopfabwerfen, eine nebensächliche, höchstens für die Art bemerkenswerthe Erscheinung, verhindert wird.

Für die engere Eintheilung bei der Gattung Mucor gibt die Verzweigung der Fruchtträger ein durchgreifendes Merkmal ab. Sie zerfällt hiernach zunächst in 2 Hauptabtheilungen: die erste mit typisch unverzweigten, die zweite mit regelmässig verzweigten Fruchtträgern. Die Abtheilung der unverzweigten Arten scheidet sich wieder in 2 Gruppen, von denen die eine die grossen Arten mit langgestrecktem Fruchtträger und bedeutender Quell-

[1]) Aus einer Mittheilung der botanischen Zeitung von *Julius Klein*, 28. Jahrgang Nr. 24 — Hauptergebnisse meiner Untersuchungen über Pilobolus — und einer etwas weitläufigeren und mit einer Tafel illustrirten Behandlung desselben Gegenstandes in den Verh. der K. K. zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien, B. XX, S. 517—560 — die Formen des Pilobolus —, dem die schliessliche ausführliche Beschreibung in den Jahrbüchern für wissenschaftliche Botanik von *Pringsheim* noch bevorsteht, geht hervor, dass genannter Mycologe die Quellschicht am Grunde der Sporangienmembran bei Pilobolus crystallinus gesehen, sie jedoch nicht im Gegensatze zu Mucor als Charakter des Pilobolus erkannt hat, er bemerkt vielmehr am Ende der Arbeit, dass die Sporen seines Pilobolus in Fruchtsäften cultivirt, Mucorfructificationen ergeben. Diese letztere Angabe (nebst anderen Einzelheiten) stimmt mit den von mir gewonnenen Resultaten über Pilobolus ebenso wenig überein, wie die später ausführlich zu behandelnden Specialitäten der Species des Pilobolus von *Klein*. Ich will bemerken, dass ich seit 2 Jahren über den Punkt der Untersuchung des Pilobolus hinaus bin, bis zu welchem *Klein* gekommen ist, dass es mir aber nicht räthlich schien, mit diesen Resultaten allein die mycologische Literatur zu vermehren.

masse im Sporangium, die andere die kleinen Arten mit kurzem Fruchtträger und wenig Quellsubstanz im Sporangium umfasst. Aus der Abtheilung der verzweigten Arten lassen sich 2 Gruppen bilden, die erste mit unverzweigtem Hauptstamme, aber zahlreichen Seitenzweigen, die vom Hauptstamme abweichende Sporangien tragen, die zweite mit verzweigtem Hauptstamme und nur einerlei Sporangien. Von der letzten Gruppe scheiden sich die Stolonen führenden Arten als besondere Section ab. — In diese hier, dem Zwecke unserer zweiten in der Einleitung gestellten Frage entsprechend, nur kurz und beiläufig angedeuteten Gruppen passen alle alten und neuen Mucorinen hinein, und es wird sich später ergeben, wie diese Gruppen an ihren Endpunkten einander sich nähern, und wie aus ihren Arten ohne grosse Sprünge eine natürliche Reihe hervorgeht, wenn noch die engeren Charaktere mit in Betracht gezogen werden.

Als Grundform der ersten Gruppe mit unverzweigten gestreckten Fruchtträgern kann der hier beschriebene Mucor Mucedo gelten, der sich von manchen ähnlichen Formen durch Grösse und Gestalt der Spore, Zartheit der Columella, Farbe der Fruchtträger etc. unterscheidet.

Die Classification der Mucorinen und speciell der Gattung Mucor wird erst in ihrer Einfachheit hervortreten, wenn die Familie enger abgeschlossen ist, was wieder nicht eher möglich sein wird, als bis die Conidienfrage ausser der negativen auch die positive Entscheidung gefunden hat. Sie soll hier an der prägnantesten Conidienform, dem Chaetocladium Jones'ii zuerst dargethan werden.

Chaetocladium Jones'ii

wurde im Jahre 1854 zuerst von *Berkeley* und *Broome*[1]) beschrieben und abgebildet. Sie fanden den zierlichen Pilz, dessen besondere Schönheit sie in den Worten »one of the most beautiful and interesting species of a very handsome group« schildern, als häufigen Genossen von einem Mucor caninus und anderen mistbewohnenden Schimmelpilzen und nannten ihn Botrytis Jones'ii.

Ausser dieser Beschreibung und Abbildung des Pilzes wurde derselbe von *Fresenius*[2]) zum Gegenstande specieller Untersuchung gemacht. Er gibt folgende Charakteristik: Rami sporiferi hypharum verticillati, terni, in ramulos patenti divaricatos apice setiferos divisi. Sporae simplices, globosae, in processibus ternis ramulorum clavaeformibus glomeratae. — Inter hyphas Mucoris Mucedinis et iis pseudoparasitica. Der Umstand, dass *Fresenius* den Pilz nur in Begleitung des Mucor fand, veranlasst ihn nach sorgfältiger Betrachtung zu der Bemerkung, dass er die Mucorfäden wohl eng umschliesse, sich pseudoparasitisch an sie anlege, aber nicht aus ihnen hervorwachse. Er wählt für ihn den Namen Chaetocladium Jones'ii, jedoch nicht ohne Misstrauen in seine Selbständigkeit, indem er bei der äusseren Aehnlichkeit mit Thamnidium elegans dessen möglicher Weise ungenaue Kenntniss betont und an die alten Instrumente erinnert, mit denen in dem vorhandenen Fadengewirre diese Pilze untersucht wurden. — Von *Woronin* und *de Bary*[3]) wurde nun der Pilz entwicklungsgeschichtlich untersucht, und nach dem Resultate der Sporencultur auf Objectträgern, wo Mucor Mucedo aus ihm wuchs, als Conidienform in seinen Entwicklungskreis eingeführt.

---

[1]) Ann. and Mag. of nat. hist. 19. Bd. 2. Serie.
[2]) Beiträge zur Mycologie. III. Heft. S. 97.
[3]) Beiträge. II. Serie. Mucor Mucedo. S. 13—24

Gelegentlich meiner Untersuchung über Dictyostelium mucoroides[1] habe ich die letztgenannten Versuche von *de Bary* und *Woronin* mehrfach und zwar immer mit demselben Resultate wiederholt. Erst nach der Auffindung der Zygosporen von Mucor Mucedo und der Erkenntniss seines geschlossenen Entwicklungsganges wurde die Untersuchung von Neuem aufgenommen. Auch dann noch führten neue Wiederholungen der Cultur der Sporen zu keinem anderen Ergebnisse. Die Sporen von Chaetocladium (Fig. 1 Taf. III) sind nämlich sehr klein. Dadurch wurde die Verfolgung der einzelnen schwieriger; dazu war bei jeglicher Cultur die Anwesenheit von Mucorsporen mit Sicherheit nicht ausgeschlossen, sie schien kaum vermeidlich, als sich bei sehr vorsichtiger Prüfung des Culturmateriales herausstellte, dass die Fruchtstände von Chaetocladium fast ausnahmslos sehr minutiöse Sporangien von Mucor umschlossen, dessen runde Sporen (Fig. 11 Taf. III) ganz denen von Chaetocladium glichen. Nach einer Reihe von Mistculturen, die lediglich zum Zwecke reinen Culturmateriales aufgestellt wurden, zeigte endlich eine ein Verhalten, welches von allen früheren abwich. Der Mucor war sehr selten, dagegen das Chaetocladium aussergewöhnlich üppig, und es fructificirte hier ausser in seiner Conidienform mit schönen gelben Zygosporen. Sie sassen reichlich neben den Fruchtständen der Conidienträger, und es gelang ohne viel Mühe den genetischen Zusammenhang beider (Fig. 16 Taf. IV) ausser Zweifel zu stellen. Sowohl mit den Conidien, die hier völlig rein, ohne Beimengung von Mucorsporen, gesammelt wurden, wie mit den Zygosporen wurden die Culturversuche erneuet und die Untersuchung zum Abschluss gebracht.

An den Sporen (Conidien) gewahrt man schon in wenigen Stunden nach ihrer Aussaat in Mistdecoct die deutlichsten Anzeichen der Keimung. Diese bestehen, wie bei Mucor Mucedo, in einer Anschwellung, die auch hier bis zum vielfachen (Fig. 2 a Taf. III) des Volumens der ursprünglichen Spore, deren Grösse zwischen 0,0018—0,0033 Mm. wechselt, fortschreitet, ehe Keimschläuche aus ihr hervortreten (Fig. 2 b Taf. III). Die Keimung zeigt bis hierher keinerlei Eigenthümlichkeiten, die Schläuche sind mit feinkörnigem Protoplasma erfüllt und von Vacuolen durchsetzt; auch die grosse Neigung zu vielseitiger Verzweigung hat von Mucor nichts abweichendes. Die Keimschläuche bleiben jedoch, so viel sich

[1] Abhandl. der Senkenberg. naturf. Gesellschaft. Band VII.

ihrer auch bilden, sehr kurz und klein, und die ersten Verzweigungen bilden nur sehr kurze Aeste zweiten Grades (Fig. 3 Taf. III). Es ist, als ob sich mit einem Male ein schädlicher Einfluss in der Cultur geltend macht; das Wachsthum lässt mit dem 2ten Tage seit der Aussaat der Sporen nach, die Keimschläuche werden krank, verlieren ihren protoplasmatischen Inhalt und sterben ab. Die weitesten Zustände, die ich mit dem Aufgebot aller Culturerfahrungen erzielen konnte, sind in Fig. 4 Taf. III dargestellt. Die Keimlinge schritten in 3 Tagen bis zu diesem Zustande eines wild sparrig und kurz verzweigten Myceliums vor, welches dann aber ohne Fructification das Schicksal der früheren theilte. Auch Culturen im Grossen gediehen ebensowenig; nur wenn Mucorsporen mit in die Cultur hineingekommen waren, kam mit dem Mucor auch das Chaetocladium zur Fructification. Es wurden daraufhin vergleichende Culturen von Chaetocladium mit Mucorsporen und ohne diese von Neuem gemacht; die letzteren gingen unter, auf den ersteren erschien fructificirendes Chaetocladium mit Mucor. Ohne einen genetischen Zusammenhang, der nach der Auffindung beider Zygosporen ausser aller Wahrscheinlichkeit lag, war eine solche offenbare Abhängigkeit der Entwicklung des Chaetocladiums von Mucor kaum anders als in einem Parasitismus denkbar, dessen sichere Ermittlung meine nächsten Culturen bezweckten.

Es wurden einzelne wenige Chaetocladiumsporen mit einer einzigen Mucorspore zusammen ausgesäet und der Verlauf der Entwicklung beider in ihren gegenseitigen Beziehungen und ihrem Betragen verfolgt.

Ich muss hier bemerken, dass die Aussaat und die Verfolgung einer Spore mit grosser Leichtigkeit auszuführen ist, und dass Behauptungen kaum möglicher, oder völliger Unausführbarkeit solcher Culturen, wie sie *Hoffmann*[1]) mehrfach in An-

[1]) Verh. der Section für Botanik und Pflanzenphysiologie der 41. deutschen Naturforscherversammlung zu Frankfurt a. M. nach dem Tageblatte der Versammlung mitgetheilt.

Zur Hefenfrage entgegnet Professor *Hoffmann* der Auffassung *de Bary*'s und *Woronin*'s:

»Das Verlangen eine einzelne Hefezelle bis zur Mucorfructification unter dem Mikroskope zu verfolgen, sei unausführbar, da der Weg der Entwicklung zu weit und complicirt für die bisher versuchten mikroskopischen Culturmethoden sei.«

Ferner: Mycologische Berichte von *Hermann Hoffmann*. 1870. S. 39. Bezüglich eines directen Nachweises des Zusammenhanges von Spore und Frucht durch Mycelium und Fruchthyphen, wie ihn *de Bary* als beweiskräftigen Versuch verlangt, bemerkt Prof. *Hoffmann*, »dass dies ein Ziel sei, was Jeder anerkennen, aber selten erreichen werde.«

knüpfung an seine mycologischen Untersuchungen und auch in seinem jährlichen Berichte mycologischer Arbeiten ausspricht, nur subjective Gültigkeit haben.

Die Mucorspore eilt in der Cultur in schneller Entwicklung den Keimlingen des Chaetocladiums voraus, sie hat schon ein Mycelium gebildet, wenn die letzteren eben erst auszuwachsen beginnen. Wo eine Mucorspore allein in einer Cultur regiert, wird die vegetative Ausbreitung des Myceliums eine ganz aussergewöhnliche. Die Fäden gehen über den ganzen Culturtropfen des Objectträgers und müssen schliesslich nothwendig mit den inzwischen vorgeschrittenen Keimschläuchen der Chaetocladiumsporen zusammenkommen. Wo diese Begegnung stattfindet, schliesst sich der dünne Keimfaden des Chaetocladiums eng an den des Mucor an; es entsteht in wenig Stunden ein dicker Knäuel (Fig. 8 d Taf. III) von eigenthümlichen Auswüchsen um ihn, von dem es zunächst unentschieden bleiben musste, ob er von dem einen oder dem andern gebildet wurde. Von den Knäueln erheben sich dünne, weithin in die Luft ragende Fäden, die an seitlichen Verzweigungen bald fructificiren und dadurch die Ernährungsfrage des Chaetocladiums durch den Mucor bestimmt entscheiden.

Nach Erledigung dieses fraglichen Punktes wurde die Frage enger gestellt: Wie, in welcher Art findet der Parasitismus des Chaetocladiums auf den Mucorfäden statt? Werden die Knäuel vom Mucor oder vom Chaetocladium gebildet? findet eine directe Verbindung beider oder eine Ernährung durch Endosmose ohne diese statt?

Eine genaue Feststellung dieser Punkte hatte hier grosse Schwierigkeiten: denn einerseits handelte es sich um eine günstige Lage des Keimschlauches von Chaetocladium zum Mucormycelfaden, anderseits um den kurzen Moment der ersten Verbindung. Bei offenenem Objectträger war der kritische Punkt nicht zu entscheiden, es mussten die Culturen im geeigneten Augenblicke durch Auflegen eines Deckglases möglichst vorsichtig und ohne Störung und Verwirrung der Fäden unterbrochen und theilweise sogar mit Hülfe einer Färbung (zur besseren Unterscheidung der Contouren durch Anilinlösung untersucht werden. An die 50 Objectträgerculturen wurden allein nur diesem einen Zwecke geopfert, und sie ergaben bei Anwendung des Immersionssystems Nr. 10 von *Hartnack* das übereinstimmende Resultat, dass der junge Keimschlauch von Chaetocladium mit dem Mycelfaden des Mucor durch Resorption der

Membranen an der Berührungsstelle verschmilzt. Ueberall da, wo nur ein Faden von Chaetocladium in die Nähe des Mucor geräth, scheint dieses gewissermassen eine Anziehung auf ihn auszüben. Mit grosser Deutlichkeit zeigt Fig. 5 Taf. III diesen Einfluss, wo der Faden des Chaetocladium (*c c*) dem der Mucor (*a a*) parallel wächst und sichtbar durch seine Annäherung veranlasst gegen ihn, den Ort seiner Bestimmung, die copulirenden Seitenzweige treibt. Dem Acte der Verschmelzung geht eine Anschwellung des Chaetocladiumfadens über der Berührungsstelle mit dem Mucor voraus. An dieser lösen sich nach kurzer Berührung die Membranen, und die Verbindung ist hergestellt (Fig. 5, 6 und 7 d Taf. III). An dem Verbindungspunkte merkt man beim Mucor nicht die geringste Veränderung, der Inhalt erfährt keine entwicklungstörende Beeinflussung, erscheint normal und schön wie früher, dagegen zeigt das junge Chaetocladium die günstige Wirkung der ernährenden Nährpflanze. Ueber der ersten Anschwellung und Verschmelzung bilden sich neue Ausbuchtungen (Fig. 5, 6 und 7 e Taf. III), welche sich gegen den Mucorfaden senken, mit ihm an den nächst gelegenen freien Stellen zu verschmelzen. Mit dem ununterbrochenen Auftreten weiterer Saugapparate, Haustorien, kommt zuwachsend schnell der oben erwähnte verwickelte Knäuel zu Stande (Fig. 8 d Taf. III). Indem dann jedes Haustorium aus sich gleiche Organen zum gleichen Zwecke bildet, alle sich nach verschiedenen Richtungen erweitern, erscheint das Ganze schliesslich als monströser Auswuchs des Mucormyceliums. In den Culturen, wo mehrere Chaetocladien ein Mycelium befallen, erinnert das Bild an eine Baumkrone, die an vielen Stellen von der Mistel befallen ist. Die Knäuel gelten als der vegetative Zustand des Chaetocladiums, als sein Mycelium, das ihm in anderer Bedeutung völlig abgeht. Der Inhalt der Knäuel ist von gleicher Qualität wie im Mucormycelium, dieses leidet mit der Grösse der Knäuel durch den bedeutenden Verlust seines protoplasmatischen Inhaltes.

Von den Knäueln erheben sich direct die fructificirenden Fäden (Fig. 13 c Taf. III) in die Luft, wo wir ihr Verhalten nicht aus den Augen verlieren dürfen.

Es ist einfach, wenn der Mucor, zu sehr erschöpft, nicht fructificirt; die dünnen in die Luft ragenden Fäden bilden dann den verzweigten Conidienstand des Chaetocladiums (Fig. 13 d Taf. III), und dafür wird der Nahrungsstoff der Haustorien verwendet. Der Conidienreichthum steht im Verhältniss zur Ueppigkeit der Cultur, und nach der Fructification sind alle unter dem Culturtropfen

befindlichen Mycelfäden des Mucor und alle Haustorien des Chaetocladiums auf ihm nur von wässeriger Flüssigkeit erfüllt. Die in die Luft führenden fructificirenden Aeste enden fast nie mit Fruchtständen, diese entstehen meist auf Seitenzweigen (Fig. 13 d Taf. III) oder erscheinen so, weil die Hauptaxe als langer dünner Faden durchwächst. Diese Fäden bilden über dem Culturtropfen einen weissen zarten Hauch, der sich sogar weit über ihn hinaus ausdehnen kann. Ob ihrer Zartheit sind die Fäden von dem leisesten Einflusse bewegt, sie wenden sich nach allen Seiten, rollen sich sogar in vielen Windungen auf, und diese Analogien mit den Ranken klimmender Gewächse unter den Phanerogamen wird noch grösser, wenn man ihrer Bestimmung nachgeht. Das Chaetocladium hat in den Mycelien des Mucor nur seine Entwicklung eingeleitet, es wuchert weit mehr noch unter den Fruchtträgern selbst fort in allen den Fällen, wo das Mucormycelium, nur wenig befallen, zur Fructification sich anschickt. Kaum erhebt sich der Mucor, einen Fruchtträger zu bilden, in die Luft, so wird er von einem Chaetocladiumfaden erfasst und umrankt. An jeder Berührungsstelle werden Haustorien (Fig. 9 c Taf. III) erzeugt, die in nichts verschieden sind von denen auf den Mycelfäden des Mucor. An den jungen Fruchtträgern ist die Ernährung des Chaetocladiums, offenbar in Folge des Protoplasmareichthums, der gegen die Spitze andrängt, noch viel intensiver wie am Mycelium, und als natürliche Folge werden hier die Haustorien grösser und zahlreicher (Fig. 9, 10, 12 und 13 Taf. III); im Uebrigen haben sie denselben gelbröthlichen Inhalt, der den Fruchtträger des Mucor, wie wir von früher wissen, auszeichnet (Fig. 10 Taf. III). Es ist eben keine Seltenheit in Objectträgerculturen Fälle zu finden, wo ein Fruchtträger vor seiner Streckung der ganzen Länge nach befallen wird, selbst die schon gebildete Sporangiumanlage nicht ausgeschlossen (Fig. 9, 10, 12 und 13). Aus seiner Sporenbildung wird selbstverständlich nichts, dagegen treibt der Fruchtträger unter der befallenen Stelle neue Zweige zur Fruchtbildung, die in dem Masse, als sie wieder von Chaetocladium gefasst werden, sich verkleinern und endlich in sehr kleinen Sporangien fructificiren, die keine Columella und kleine runde, dem Mucor Mucedo ganz unähnliche Sporen haben (Fig. 11 Taf. III).

Diese äusserst zerbrechlichen kleinen Sporangien von Mucor werden fast von jedem Fruchtstande des Chaetocladiums eingeschlossen, und aus diesem Grunde war es unmöglich in früheren Fällen der Untersuchung reines, von Mucorsporen

freies Culturmaterial von Chaetocladium zu gewinnen, wodurch dann *de Bary*, *Woronin* und andere, die deren Culturversuche nachmachten, und auch ich anfangs irregeleitet worden sind.

In weit grösseren Verhältnissen sind die letzt besprochenen Einzelnheiten des Parasitismus bei Spontanculturen auf Pferdemist und auch bei künstlichen Aussaaten en masse auf Brod zu verfolgen. Hier hat der Mucor eine Ueppigkeit, dass er ohne allzugrossen Schaden den Schmarotzer ernähren kann. Dieser repräsentirt unter den Schimmelpilzen eine Schlingpflanze in ganzer Volkommenheit und Zierlichkeit, die zwischen den grossen Stämmen des Mucor wie in einem Hochwalde umherklimmt, ihre zarten mit blauen Fruchtständen geschmückten Guirlanden in allen Höhen bald von dem einen Faden zum andern windet, bald sich ephenartig an ihnen hinaufschlingt die nackten Schäfte zu schmücken. — Die Haustorien von Chaetocladium erreichen auf solchen Culturen in dicken unregelmässigen Knäueln die Grösse eines Stecknadelknopfes; aus ihnen strahlen nach allen Seiten die fructificirenden Ranken (Fig. 12 und 13 Taf. III) aus, die sich über weite Strecken ausdehnen, mit ihren Enden und Aesten neue Fruchtträger des Mucor befallen, die Vegetation fortzusetzen, so lange noch ernährender Mucor vorhanden ist. In diesem unbegrenzten Wachsthume und zugleich üppigster Vegetation erhielt ich oft das Chaetocladium wochenlang in besonders für diesen Zweck hergerichteten Culturen auf Brod. Die Sporen desselben wurden nur auf eine beschränkte Stelle des Substrates gesäet, von wo es sich dann nach allen Richtungen ausbreitete, sogar auf neu angelegte Mucorculturen hinüberrankte, was beliebig oft und lange wiederholt werden konnte. — An den aus mächtigen üppigen Haustorien hervortretenden Ranken bilden sich mitunter haustorienartige Auswüchse auch ohne Mucor, sie sind in Fig 14 Taf. III in ihren Anfängen, in Fig. 15 als dicker Knäuel gezeichnet.

Nur ein einziges Mal kamen auf der grossen Zahl von spontanen und künstlichen Culturen, die ich seit lange ohne Unterbrechung unterhalte, die Zygosporen des Chaetocladiums vor und zwar auf der früher erwähnten spontanen Pferdemistcultur. Sie wurden schon früh bemerkt, so dass zwar nicht die allerersten, doch die nächsten Zustände der Bildung beobachtet werden konnten. Der Vorgang ist genau derselbe wie bei der Bildung anderer und der vorher beschriebenen Zygosporen von Mucor Mucedo, nur mit dem Unterschiede, dass hier nicht immer die Endäste copuliren, dass die Copulationen auch an

kurzen Ausstülpungen im Verlaufe der Fäden entstehen. Dadurch haben die Träger oft 2 Ausgangspunkte (Fig. 17—22 Taf. IV) entweder nach einer oder nach 2 entgegengesetzten Seiten; daneben macht sich ein Grössenunterschied in den Copulationszellen selbst (Fig. 17 und 18 a Taf. IV) und namentlich auch in den Trägern (Fig. 17—22 b Taf. IV) bemerkbar. Die letzteren wachsen bei Chaetocladium mit der Zygospore aus, übertreffen sie sogar an Grösse (Fig. 21 b Taf. IV), wie es bei Syzygites megalocarpus vorkommt, während sie doch bei Mucor Mucedo (Fig. 16 und 17 Taf. II) nicht viel über ihre anfängliche Dimension hinauskamen. Die Zygospore selbst hat 2 Membranen, die äussere (Fig. 23 und 25 Taf. IV) ist gelb, stark warzig und cuticularisirt, die innere (Fig. 24 Taf. IV) besteht aus ungefärbter Cellulose. Beide Membranen sind, wie dünne Durchschnitte (Fig. 25 Taf. IV) zeigen, von grosser Mächtigkeit, den stacheligen Auswüchsen der äusseren (*a*) correspondiren indess keine gleichen auf der inneren (*b*), wie bei Mucor Mucedo (Fig. 20 Taf. II); sie ist, wenn man sie aus dem Exosporium unverletzt herausspreugt, überall auf ihrer Fläche (Fig. 24 a Taf IV) glatt und umfasst einen sehr feinkörnigen hellen Inhalt mit einem dicken Oeltropfen (*b*), der der reifen Zygospore nie fehlt und durch beide Häute durchschimmert. Breitet man das abgesprengte Exosporium aus, so zeichnet sich nach beiden Seiten (in Fig. 23 nur in *b*) die rundumschriebene Ansatzstelle der Träger hell und farblos auf der gelben Membran ab. — Nach eingetretener Copulation nimmt die junge Zygospore um das 6—10fache (Fig. 19—22 Taf. IV) an Grösse zu, sie misst mit ihrer Reife 0,0300—0,0495 Mm. Neben einander aus einem Faden entsprungene kopulirende Aeste habe ich nicht finden können, wiewohl sie oft in Menge nahe bei einander gebildet wurden und zwar, wie schon bemerkt, zwischen den Conidienständen (Fig. 16 Taf. IV). Die Träger der Zygosporen und überhaupt alle fructificirenden Fäden des Chaetocladiums mit Ausnahme der Sporen sind aussen fein granulirt (Fig. 16—22 Taf. IV). Die Unebenheiten verschwinden mit Salzsäure, bleiben beim Verbrennen und sind oxalsaurer Kalk; seine Anwesenheit kann nicht befremden, wenn man den reichlichen Kalkgehalt und seine Ablagerungen an der Nährpflanze, wie wir ihn früher kennen lernten, in Betracht zieht.

Die Zygosporen wurden zum sicheren Gelingen ihrer Keimung auf einem Theil des Mistes der ungestörten natürlichen Reife überlassen und nicht eher gesammelt, als bis sie in der Frist mehrerer Tage keinerlei sichtbare

Veränderungen mehr erfuhren. Genau wie bei den früheren Versuchen wurden sie auf Objectträgern unter einer Glocke im feuchten Raume aufbewahrt, jedoch vorher durch Präparation von den Conidienständen und allen Unreinigkeiten aufs vorsichtigste befreit. Es ist bei diesen Culturen besonders zu vermeiden, dass die Zygosporen von dem sich unter der Glocke niederschlagenden Thau ganz unter Wasser gestellt werden, weil sie dann verfaulen; bei der Kleinheit der Sporen hat die Beobachtung dieser Vorsicht ihre sehr zeitraubenden Schwierigkeiten. Die Culturen wurden am 5. März 1870 aufgestellt, in der Frist von je mehreren Tagen controlirt und von schädlichen Einflüssen gereinigt. Bis Anfang Juni lagen sie ohne ein Zeichen der Veränderung, inzwischen verfaulte ein Theil, wahrscheinlich die nicht ganz reif gewordenen Sporen, der Rest verlor seine Träger. Die Schwierigkeiten der Reinigung wuchsen in dem Masse, als aus den verfaulten Sporen Nährstoffe für Bacterien, Penicillium, Pleospora etc., die sich unvermeidlicher Weise auch hier ansiedelten, entstanden, sie musste fast täglich besorgt werden. Nun verschwand in den Sporen der Oeltropfen, der Inhalt wurde körnig und dunkel (Fig. 26 Taf. IV) und vom 15. Juni an trat reichliche Keimung ein, die wiederum an mehreren hundert Sporen bis zum 19. Juli, dem Tage meiner Einberufung in die Armee, von mir, später bis zum 29. August vom Prof. *de Bary* beobachtet wurde. Sie gleicht völlig der bei Mucor Mucedo, statt des Fruchtträgers von Mucor wächst hier direct ein Fruchtträger von Chaetocladium aus der Spore hervor. Der Fruchtstand ist an diesem Träger meist endständig (Fig. 29 u. 30 Taf. IV), nur in seltenen Fällen wächst die Axe eine Strecke durch. Sie endet aber immer steril (Fig. 31 Taf. IV), selbst aus den grössten Zygosporen gehen niemals Conidienträger mit mehreren Fruchtständen über einander hervor. Beide Häute werden vom Keimschlauche durchbrochen (Fig. 27—31 Taf. IV), die äussere des Exosporium ist mitunter in weitem Risse aufgesprengt (Fig. 27 u. 28 Taf. IV). Es ist Regel, dass sich nur ein Fruchtträger aus der keimenden Zygospore erhebt (Fig. 31 Taf. IV), eine Mehrheit der Keimschläuche kommt nur da vor, wo in Folge von Störungen die ersteren theilweise oder ganz verunglücken (Fig. 27—30 Taf. IV). Die weiteren nachfolgenden Keimschläuche sind dann klein, wenig verzweigt in ihren Fruchtständen und arm an Conidien (Fig. 27 Taf. IV). Der Fruchtträger ist vor der Fructification mit dichtem körnigem Inhalte erfüllt und völlig scheidewandlos, nach der Bildung der Conidien ist der protoplasmatische Inhalt verschwunden, und nun erst sind zahlreiche

Querwände vorhanden, die ihn ohne regelmässige Anordnung durchsetzen (Fig. 27 bis 31 Taf. IV).

An den einzelnen Fruchtträgern der keimenden Zygosporen, deren Ausbildung langsam erfolgt und erst in 2 bis 3 Tagen zu Ende geht, lässt sich schrittweise das Auftreten der Verzweigungen, woran in letzter Instanz die Conidien entstehen, verfolgen. In einem Wirtel im Verlaufe (Fig. 27, 29 u. 31 d Taf. IV) der Hauptaxe oder an ihrem Ende (Fig. 30 d Taf. IV) — die Spitze wächst oft nach dem Auftreten der Seitenäste durch allmähliche Verjüngung pfriemförmig aus (Fig. 27 u. 29 Taf. IV) — entspringen 3—5 Seitenäste, die in fast rechtem Winkel abstehen. In der Mitte jedes Astes, dessen Ende in eine sterile lange Spitze ausgeht, entspringt ein neuer Wirtel von Zweigen, deren jeder, wiederum steril und pfriemförmig endend, Zweigen dritten Grades Ursprung gibt, die zwar auch an der Spitze pfriemförmig abschliessen, jedoch um sich herum auf einer mittleren Verbreiterung an vielen, oft über 20 zarten Spitzen, Zweigen vierten Grades, je eine Spore abschnüren. Bei schwachen Exemplaren sind die Wirtel dünn, sparsam, oft auf einen oder zwei Zweige reducirt (Fig. 27 f Taf. IV), die Sporen erscheinen hier an den Zweigen zweiten oder dritten Grades, während an üppigen Exemplaren 5fache Verzweigung (Fig. 29—31 Taf. IV keine Seltenheit ist.

Die Conidien des Chaetocladiums fallen mit der Reife leicht von ihren Fruchtträgern ab (Fig. 29 d Taf. IV), beim Abheben eines Fruchtträgers verstäuben sie schon durch die leiseste Erschütterung in Form einer kleinen blauen Wolke. Der Fruchtträger mit zahlreichen reifen Conidien hat ein hellblaues Aussehen. Die blaue Farbe der Sporen ist nur an der Masse, nicht an der einzelnen sichtbar. Die Sporen sind rund (Fig. 1 Taf. III), wie man beim Rollen in Wasser sieht, von einer glatten Membran umgeben, auf der die frühere Anheftungsstelle an das Sterigma nicht mehr zu finden ist.

Der Entwicklungsgang des Chaetocladiums ist mit der Keimung der geschlechtlich erzeugten Fruchtkörper zum Ursprunge, zu den ungeschlechtlichen Conidien, zurückgeführt und hiermit abgeschlossen.

Zur Vervollständigung der Versuche wurden mit den Sporen der Fruchtstände von den keimenden Zygosporen des Chaetocladiums allein und später im Verein mit den Sporen der Sporangien gekeimter Zygosporen von Mucor Mucedo die Culturen wiederaufgenommen und bis auf die Bildung von Zygosporen, die sich noch nicht wieder gebildet haben, öfters wiederholt, und zwar immer

mit demselben Resultate, so dass dem Mitgetheilten auch nicht ein Wort der Ergänzung hinzuzufügen ist.

Anders steht es mit einer weiteren, viel umfangreicheren Versuchsreihe, den Parasitismus des Chaetocladiums, nachdem er für Mucor Mucedo bestimmt erwiesen, auch für die übrigen Mucorinen zu prüfen und festzustellen. Die Culturen wurden mit den lange bekannten und manchen neu aufgefundenen Arten des Genus Mucor und ferner mit den verschiedenen Pilobolis der Reihe nach auf Objectträgern durchgemacht, ganz so, wie es beim Mucor Mucedo geschehen ist. Gegen alle, auch die Verwandten des Mucor Mucedo, verhielt sich das Chaetocladium passiv, die Keimlinge gingen unter, als wenn kein Mucor zugegen wäre, mit alleiniger Ausnahme des Mucor stolonifer. In unbegreiflicher Geschmacksverirrung hatten sie zu diesem garstigen Mucor eine noch grössere Zuneigung wie zum Mucor Mucedo und fructificirten später üppiger denn je. Bekanntlich ist dieser Mucor durch schwarze verdickte Membranen seiner Ausläufer und Fruchtträger ausgezeichnet, die ihm den alten Namen Rhizopus nigricans eintrugen; und merkwürdig genug gingen diese Eigenschaften der Nährpflanze auch auf den Schmarotzer über. Die Haustorien und Fäden des auf dem Mucor schmarotzenden Chaetocladiums wurden völlig schwarz, nur die Sporenstände hatten ihre violette Färbung. Gibt man bei Massenculturen auf Brod dem Chaetocladium einen Vorsprung von 12 bis 24 Stunden, je nach der Wärme der Jahreszeit, so wird der Mucor stolonifer völlig erdrückt, er geht ohne Fructification unter. Man kann dies Schauspiel, wie dem frechen Eindringlinge, mit dem gewiss jeder Mycologe, der Pilze cultivirt, auf gespanntem Fusse steht, gegen den man einfach das Feld ob seiner Unverschämtheit räumen muss, hier der Garaus gemacht wird, nicht ohne Schadenfreude verfolgen. Als Antidot gegen seine räuberischen Einfälle kann man mit vielem Vortheile das Chaetocladium verwerthen. Als Endresultat des Parasitismus von Chaetocladium stellt sich also heraus, dass es an die Gegenwart von Mucor stolonifer und Mucor Mucedo gebunden ist, deren Mycelien es zuerst befällt, später auch deren Fruchtträger.[1])

[1]) Für diejenigen, die etwa diese Versuche über den Parasitismus des Chaetocladiums nachmachen sollten, will ich bemerken, dass es eine andere Species von Chaetocladium gibt, die alle Mucorinen ohne Ausnahme befällt. Sie stimmt im Habitus genau mit der hier beschriebenen überein, weicht nur allein durch die Grösse der Sporen von ihr ab; die Keimung und Entwicklungsgeschichte ist dagegen ganz anders, und es mag hier vorläufig die Angabe genügen, dass sie ein Halbparasit ist und nur die Fruchtträger von allen Mucorinen befällt.

Für dies auffallende Verhalten des Chaetocladiums gegen die einzelnen Mucorinen ist niemals, es mag das zur Sicherheit erwähnt sein, der einzelne Versuch massgebend gewesen, sondern erst eine Versuchsreihe von wenigstens 10 übereinstimmenden Culturen als Beweis angenommen, um jede Unrichtigkeit und Fehlerquelle so viel als möglich auszuschliessen. Die Zahl der Objectträgercultuien, die zu der hier mitgetheilten Kenntniss des Chaetocladiums ausgeführt wurden, geht weit in die Hunderte, sie bleibt jedoch noch erheblich gegen die Zahl derer zurück, die für die Untersuchung von Piptocephalis Freseniana nöthig waren, zu der wir als fragliche Conidienform von Mucor Mucedo nun übergehen.

Piptocephalis Freseniana

ist ein kleiner conidientragender Pilz, dessen zuerst *Fresenius*[1]) gedenkt.

Wie *Fresenius* fanden ihn später *de Bary* und *Woronin*[2]) stets in Gemeinschaft mit Mucor Mucedo auf Pferdemist, wo er nach dem Abblühen des Mucor zum Vorschein kam. Sie geben eine Beschreibung der fertigen Conidienträger, die Untersuchung des Myceliums und Keimversuche mit den Sporen blieben erfolglos. Sie nannten den Pilz Piptocephalis Freseniana und liessen mit *Fresenius* die Frage über einen genetischen Zusammenhang mit Mucor Mucedo unentschieden, da ein directer Zusammenhang beider nicht nachzuweisen war.

Uebereinstimmend mit den genannten Beobachtern fand ich die Piptocephalis sehr häufig und nie anders als in Begleitung von Mucor Mucedo auf Misteulturen; es kamen im Ganzen nur wenige vereinzelte Fälle vor, wo sie nicht erschien. Während einer kurzen Zeitdauer trat sie in meinen Pferdemisteulturen mit einer solchen Ueppigkeit auf, dass mir dadurch die Veranlassung gegeben wurde, sie näher zu untersuchen und das dargebotene, leicht rein zu gewinnende Sporenmaterial für Culturversuche in Mistdecoct auf Objectträgern zu verwenden, wenngleich die Frage über eine Zusammengehörigkeit mit dem Mucor Mucedo nach den uns bekannten Thatsachen von vornherein ausgeschlossen war.

Die Conidienträger wurden von *de Bary* und *Woronin* richtig beschrieben und auf der Tafel V, Figur 17, 18 und 19 der citirten Arbeit in den Einzelnheiten abgebildet. Sie erheben sich in einer Höhe von 4 bis 7 Linien über das Substrat. Zur Bildung von Conidien gabelt sich der zunächst unverzweigte Fruchtträger an seiner Spitze. Die beiden in gleicher Höhe und zu gleicher Zeit auftretenden Aeste enden bald ihr Längenwachsthum durch abermalige Gabelung

---

[1]) Bot. Zeitung 1864, p. 154.

[2]) Beiträge 2. Serie, Mucor Mucedo, S. 23—24.

in entgegengesetzter Richtung, als die erste erfolgt ist, und dieser Vorgang der Gabelung wiederholt sich dann schnell an den je neu erstandenen Gabelästen 2 bis 4 Mal je nach der Grösse des Fruchtträgers (Fig. 4 bis 9 Taf. V) in fast stets sich kreuzender Richtung. Die kurzen dichotomen Aeste letzten Grades (Fig. 4 Taf. V) bilden nun an ihrer Spitze die Sporen. Mit dem Anfhören der dichotomen Theilung schwellen alle Spitzen der Enddichotomien knopfförmig an (Fig. 4 bis 9 c Taf. V), und sehr bald entspringen auf dieser unregelmässig knopfförmigen Verbreiterung eine grosse Zahl (bis gegen 30) sehr zarter Schläuche dicht neben einander (Fig. 4 d Taf. V). Die Schläuche wachsen, mit zunehmender Länge mehr und mehr divergirend, zur Cylindergestalt heran (Fig. 5 d Taf. V) und erreichen die Höhe von 0.0204 Mm. bei einem durchschnittlichen Durchmesser von 0,002 Mm., dann zerfallen sie, bis hierher einzellig, durch Scheidewände[1]) in je 3—5 Theile (Fig. 6, 7, 9 d Taf. V). Die einzelnen Theilabschnitte trennen sich allmählich durch zunehmende Wölbung der Scheidewände an ihren Verbindungsstellen von einander (Fig. 7 d Taf. V) und stellen die Sporen des Pilzes dar (Fig. 1 Taf. V). Mit dem Beginn der Sporenbildung durch Zergliederung der Schläuche wird zugleich die knopfförmig verbreiterte Spitze des Astes, aus welcher die Schläuche hervorgewachsen sind, durch eine doppelte Scheidewand von diesem abgegliedert (Fig. 4 bis 9 c Taf. V). Mit der Reife der Sporen tritt auch hier eine Wölbung der Scheidewände und damit eine Abtrennung des Köpfchens vom Fruchtträger ein, das beim leisesten Einflusse mit den Sporen abfällt (Fig. 7 u. 8 Taf. V). Sehr anschaulich wird dieser Vorgang des Kopfabwerfens bei reifen Fruchtträgern schon durch blosses Abheben der Glocke bewirkt, mit der die Cultur bedeckt ist; in wenigen Minuten sind die vorher reichen Fruchtstände scheinbar verschwunden, und es ragen nur mehr die nackten Träger mit ihren dichotomen Verzweigungen (Fig. 11 Taf. V) auf dem Substrate hervor, das reich besäet ist mit abgeworfenen Sporen und Köpfchen, die hie und da noch in losem Zusammenhange (Fig. 7 Taf. V) anzutreffen sind. Die vollständig von Sporen befreiten Köpfchen lassen die früheren Insertionsstellen der Schläuche, aus denen die Sporen durch Theilung entstanden sind, an kleinen Protuberanzen erkennen (Fig. 8 Taf. V). — Die Sporenreife bei den Conidienträgern sieht man in der allmählichen Ver-

[1]) Ob die Scheidewände in den Schläuchen succedan oder simultan auftreten, konnte nicht entschieden werden. Das Letztere scheint mir wahrscheinlicher, da in allen beobachteten Fällen die Wände entweder gar nicht oder schon sämmtlich gebildet waren.

änderung ihrer Farbe schon von Aussen. Der Conidienstand ist anfangs weiss, wird dann später gelb bis braun. Auch die Fruchtträger erhalten mit der Reife ihrer Sporen verdickte cuticularisirte Membranen und eine tief braune Farbe.

An den Sporenschläuchen fallen die Theilabschnitte für die einzelnen Sporen sehr verschieden aus, hier sind sie doppelt so lang als dort und so wechselt die Gestalt der Sporen (Fig. 1 Taf. V), die eine Länge von 0,0033—0,0051 und eine Breite von 0,0018—0,0023 Mm. haben, von einem sehr kurzen bis langgezogenen Cylinder Nur mit den völlig gereiften Sporen gelingen die Keimversuche in Mistdecoct.

Die Keimung der Sporen ist mit einer starken Anschwellung derselben verbunden. Sie dehnen sich nach der Richtung ihrer Breite (Fig. 2 a Taf. V) mit alleinigem Ausschlusse der beiden äussersten entgegengesetzten Längenspitzen zum Vielfachen ihrer natürlichen Grösse aus. An der zur Kugelgestalt geschwollenen Spore heben sich ihre früheren Enden als Kappen (Fig. 2 b Taf. V) bei sehr starker Vergrösserung ab. Die bald von der keimenden Spore einzeln (Fig. 2 c Taf. V) oder nach verschiedenen Richtungen zahlreich (Fig. 2 d Taf. V) ausgehenden sehr dünnen Keimschläuche enden ihre Entwicklung ohne Ausnahme in einer Frist von 2 Tagen, in der sie im besten Falle die Gestalt eines winzigen sparrig verzweigten Myceliums erreichen (Fig. 3 Taf. V). Sie sind selbständig ebensowenig entwicklungsfähig wie die von Chaetocladium, mit denen sie in vielen Punkten Aehnlichkeit haben (Fig. 3 Taf. III), sie gelangen in Reineulturen niemals zur Fructification. Einerseits dieser Umstand, anderseits das ausschliessliche Vorkommen der Piptocephalis mit Mucor Mucedo und die hiermit übereinstimmende sich stets wiederholende Thatsache, dass in unreinen Culturen, in welche einzelne Mucorsporen gerathen waren, die Piptocephalis zur Entwicklung kam, legten die Vermuthung sehr nahe, dass auch sie ein Schmarotzerpilz auf Mucor sei, ähnlich wie Chaetocladium.

Ich ging darauf hin zu gemischten Culturen über aus wenigen Piptocephalissporen mit einer Spore von Mucor. Die kleinen Keimlinge der ersteren zeigten zu dem Mucormycelium dieselbe Zuneigung (Fig. 12—14 Taf. V), wie die von Chaetocladium, und immer dort, wo eine gegenseitige Berührung stattgefunden hatte, verschwanden unter weiter, dichter, allseitiger Verzweigung (Fig. 15 u. 16 Taf. V) die Umrisse zwischen den Berührungsstellen beider Fäden. Es ist unmöglich, ein Bild dieser Verzweigung, welche sichtbar nur von dem

Mucorfaden gebildet wurde, zu zeichnen, und wenn ich auf Fig. 12—16 Taf. V hinweise, so muss ich bemerken, dass hier erst der Anfang der Verzweigung eingetreten und viele Aeste ausgelassen sind. Die Lösung dieser Verwicklung schien unmöglich; selbst bei Anwendung der stärksten Objective, Immersion 10 von *Hartnack*, konnte, auch in den ersten Anfängen, nichts von einer Copulation oder von Haustorien über oder im Mucorfaden bemerkt werden. Im Gegentheile traten sogar die geschlossenen Contouren beider Fäden (Fig. 12—14 e Taf. V) deutlich markirt hervor, auch zu einer Zeit, wo der gegenseitige Einfluss sowohl in der Bildung der Verzweigungen (*b*) am Mucorfaden, wie in der Anschwellung des Keimschlauches (*d*) von Piptocephalis in Folge der Ernährung durch den Mucor ganz unverkennbar war. Auch die Färbung mit Anilin führte über den fraglichen Punkt zu keinem befriedigenden endgültigen Abschlusse.

Erst als nach langer Pause (bis Mitte Februar dieses Jahres 1871) die Untersuchung von Piptocephalis wieder aufgenommen wurde, führte ein Kunstgriff über die unzulängliche nothdürftige Annahme der Ernährung durch Endosmose hinaus. Bestanden nämlich die Hindernisse der Untersuchung hier in der Beeinflussung des Mucor an den Berührungsstellen mit der Piptocephalis (und auch an ferner von diesen Punkten gelegenen Stellen) (Fig. 16 b_2 Taf. V) die tollsten Verzweigungen zu bilden, als ob er sich sträube gegen die Zärtlichkeit des ungebetenen Gastes, so konnte es nicht unmöglich erscheinen, diese Verzweigungen, die eine exacte Untersuchung unmöglich machten, ganz auszuschliessen, ohne jedoch zugleich der Ernährung des Parasiten irgend zu schaden. Es wurde in der Entwicklungsgeschichte des Mucor Mucedo festgestellt, dass dieser erst nach Vollendung seines vegetativen Wachsthums, nach der völligen Ausbildung seines Myceliums, zur Fructification schreitet, und dass diese in der Ausbildung eines oder mehrerer Fruchtträger, je nach der Ueppigkeit des Myceliums, vor sich geht, wofür dann dessen Inhalt verwendet wird. Die Ausführbarkeit des Versuches beruhte also darauf, die Fructification eines Mucormyceliums auf eine Zeitlang unterdrücken zu können, ohne dem Mycelium selbst dadurch zu schaden; wurden dann in dieser Zeit der vollendeten Ausbildung des Myceliums die Piptocephalissporen in die Cultur gebracht, so stand der Ernährung ihrer Keimlinge durch das nicht gelcerte Mycelium des Mucor nichts im Wege, diesem war aber mit dem Abschlusse seines vegetativen Wachsthums die Möglichkeit der Zweigbildung abgeschnitten. Den Gedanken zu realisiren wurde in neuen Culturen dem Mucor ein

Vorsprung von 24 Stunden gegeben und erst dann, als die Spore desselben schon lange Keimschläuche getrieben hatte, wurden einige Piptocephalissporen in die Cultur eingesäet und von nun an in Intervallen von 12—18 Stunden die vom Mycelium angelegten aufstrebenden Fruchtträger von Mucor mit der Nadel vorsichtig unter den Culturtropfen getaucht. Dies gewaltsame Bad bekam ihnen ohne Nachtheil für das Mycelium so schlecht, dass nun nichts mehr aus ihnen wurde, und während dann das Mycelium einen neuen Fruchtträger anzulegen bestrebt war, hatten die jungen aus den Sporen der Piptocephalis heranwachsenden Keimschläuche Zeit, die mit Nährstoff noch reich versehenen Fäden des Myceliums zu befallen. Die Resultate des Versuches bestätigten vollkommen die Voraussetzung, das Mucormycelium vermochte keine Verzweigungen mehr zu bilden an den Stellen, wo es von der Piptocephalis befallen wurde, und bei der reichlichen Ernährung und darum aussergewöhnlichen Ueppigkeit des Parasiten war nunmehr die Art des Parasitismus ohne Schwierigkeit in allen Einzelnheiten festzustellen.

An jeglicher Berührungsstelle der Keimlinge von Piptocephalis mit einem Mycelfaden des Mucor gewahrt man deren Anschwellung am Ende (Fig. 12—14 e Taf. V), wie sie schon früher gesehen wurde. Mit dieser Anschwellung ist der innigste Anschluss des Parasiten an den Mucorfaden verbunden. Als Zeichen eingeleiteter Ernährung beginnt der Piptocephalisfaden zu schwellen und zu wachsen; das Wachsthum erstreckt sich auf die Spore zurück und auf die nach entgegengesetzter Richtung austretenden Keimschläuche (Fig. 12—16 d Taf. V), sie selbst erscheint oft nur mehr als eine Anschwellung im Verlauf der scheidewandlosen Fäden. Sie alle neigen ihre Spitzen (Fig. 12—14 d, e Taf. V) zum Mucorfaden, hier anzuschwellen und für Ernährung zu sorgen, und so finden sich dicht nebeneinander in der Regel viele Haustorien im Verlaufe eines Mucorfadens (Fig. 17 c Taf. V). In dem Masse, als er von seinem dichten Inhalte entleert wird, erscheint das Bild deutlicher und klarer. Von den Anschwellungen der Piptocephalis auf dem Mucorfaden gehen Büschel langer feiner Fortsätze in sein Inneres (Fig. 17 u. 18 c Taf. V u. VI), sie divergiren nach allen Richtungen von der Eintrittsstelle und sind hie und da einfach verzweigt. So lange der Mucorfaden mit Inhalt erfüllt ist, kann man sie nicht deutlich unterscheiden, auch ohne Anwendung der stärksten Objective ist dies nicht möglich und auch dann nur nach vorheriger Färbung mit Anilin. An einzelnen Stellen, wo sich viele Haustorien nahe bei einander befinden, ist der Mucorfaden wie mit feinen Haaren erfüllt, die vielfach durch-

einander wachsen (Fig. 17 u. 18 Taf. V u. VI). Diese zarten Fäden sind die Saugorgane des Pilzes, mit denen er sich von dem protoplasmatischen Zelleninhalte der Nährpflanze ernährt. Sie gehen immer genau aus der Mitte der Beule hervor, die sich einer plastischen Masse gleich von der Fadenspitze des Parasiten über den Mucor verbreitet und ihm mit einer Festigkeit aufsitzt, dass eine mechanische Trennung unmöglich ist.

Die erwähnten Fäden der Piptocephalis folgen in ihrer Wachsthumsrichtung zunächst dem Verlaufe der dicken Arme des Mucormyceliums, welche in zahlreichen unregelmässigen Windungen von ihnen auf weite Strecken oft dicht umrankt werden (Fig. 17 u. 18 Taf. V u. VI). Sie sind in ihrem ganzen Verlaufe mit Haustorien aufs reichste versehen. Diese bilden sich an allen directen Berührungsstellen des Parasiten mit der Nährpflanze, auch an beliebigen Stellen der Piptocephalisfäden treten dem Bedürfnisse der Ernährung entsprechend kleine Seitenäste (Fig. 17 u. 18 Taf. V u. VI) gegen den Mucor, um neue Haustorien zu bilden. Dort wo die Spitze eines Fadens der Nährpflanze sich aufgesetzt hat, tritt meist oberhalb der Ansatzstelle ein Seitenast (Fig. 18 Taf. VI) auf, das Wachsthum fortzusetzen. Eine reich ernährte Piptocephalis vermag Ausläufer nach anderen weit entlegenen Fäden des Mucor und nach neuen Mycelien zu senden. Sie setzen sich dort an, bilden Haustorien und ernähren sich selbständig weiter genau so, wie wir es beim Chaetocladium kennen gelernt haben.

Allmählich findet in dem Masse geförderter Ernährung über den Hauptstellen des befallenen Mucor eine bedeutende vegetative Vermehrung der Fäden des Parasiten statt, sowohl durch Verlängerung und Verdickung der ersten Fäden (Fig. 19 e Taf. VI), die von den Haustorien ausgehen, als durch Bildung neuer Verzweigungen (Fig. 19 f Taf. VI) aus ihnen. Alle vegetativen Fäden der Piptocephalis zeichnen sich durch einen eigenthümlich unregelmässigen, rankenartig gedrehten, vielfach um sich selbst gewundenen Verlauf aus. Sie durchranken sich gegenseitig und repräsentiren am Abschluss des vegetativen Lebens ein wirr verschlungenes Mycelium, über den ersten Hauptansatzstellen einen unentwirrbaren Knäuel von Fäden, wie er durch Zeichnung kaum wiederzugeben ist (Fig. 19 Taf. VI). Soviel sich unterscheiden lässt, sind alle Fäden vor der Fructification scheidewandfrei und von vacuolenlosem, wenig körnigem Plasma erfüllt, das durch sein eigenthümliches Lichtbrechungsvermögen die Piptocephalis in jedem Fadengewirr leicht unterscheidbar macht. Im Verhältniss zu den Dimensionen der

Mucorfäden ist sie, wie ein Blick auf die Abbildungen (Fig. 12 u. 19 Taf. V u. VI) zeigt, von zwergartiger Kleinheit, die dicksten Fäden hatten nur einen Durchmesser von 0.0051, die dünnsten von 0.0008 Mm.

Zur Bildung von ungeschlechtlichen Fruchtträgern wachsen die dünnen Endäste ohne Verzweigung zu grosser Länge aus und treten dann in weiter Ferne von ihrer Ursprungsstelle (Fig. 19 f Taf. VI) über die Oberfläche des Culturtropfens. Die Bildung des Fruchtträgers (Fig. 19 k Taf. VI) geht mit grosser Geschwindigkeit im Laufe eines halben Tages vor sich; sind sie gebildet, so ist es sehr schwer und ohne Färbung des Präparates mit Anilin ganz unmöglich, sie zum Mycelium zurückzuverfolgen. Dasselbe ist in seinen fructificirenden Ausläufern (Fig. 19 f Taf. VI) von ausnehmender Feinheit, und diese sind nach dem Verluste des Inhaltes durch die Fructification kaum mehr sichtbar und kenntlich, ein Umstand, der es leicht erklärlich macht, warum *de Bary* und *Woronin* ein Mycelium zu dem fructificirenden Pilze nicht aufzufinden vermochten. Diese dünnen Mycelfäden stehen in sehr auffallendem Contraste (Fig. 11 a u. c Taf. V und Fig. 19 f u. k Taf. VI) zu den Dimensionen des Fruchtträgers selbst, den sie hervorbringen. An der Uebergangsstelle zum Fruchtträger nimmt der Faden in oft plötzlicher Verbreiterung bis zum 6—10fachen an Dicke zu. Bei grossen Fruchtträgern mit 5—6mal wiederholten Dichotomien sollte man es im fertigen Zustand kaum für möglich halten, dass sie aus so feinen zarten Fäden gebildet sein könnten. Die Fruchtträger haben eine Breite von 0.0198 Mm., wogegen die dünnen Mycelfäden nur 0,001—0,002 messen.

Bei jenen eben erwähnten Culturversuchen, durch die es gelang, die Piptocephalis in der Art ihres Parasitismus zu beobachten, fand ich zugleich ihre geschlechtliche Befruchtung und daraus hervorgehende Fruchtkörper. Höchst wahrscheinlich wurde der Parasit zur geschlechtlichen Fructification durch die besonders üppige und ungestörte Ernährung auf der Nährpflanze angeregt. Je zahlreicher sie auftrat, um so mehr traten dagegen die ungeschlechtlichen Fruchtträger in den Hintergrund, und dies war namentlich dann der Fall, wenn die Entwicklung zugleich durch mässige Temperatur (10—15° R.) einen normalen, nicht zu stürmischen Impuls bekam. Auf einer Massencultur auf Pferdemist stellten sich später die Fruchtkörper im Gegensatze zu den Conidienträgern in solcher Menge ein, dass, es mag hier beiläufig erwähnt sein, daraus das Material zu den späteren Keimversuchen gesammelt werden konnte.

Zweifellos treten hier die Fruchtkörper an eben den Mycelien auf, von denen auch die Conidienträger ihren Ursprung nehmen, an gefärbten Präparaten hält es eben nicht schwer, den Zusammenhang beider mit einem Mycelium zu constatiren. Ein Fall dieser Art ist in Fig. 19 Taf. VI dargestellt, wo die Piptocephalis einem Mucormycelfaden mit seinen schon fast leer gewordenen sparrigen Verzweigungen aufsitzt. Die dickeren Mycelfäden der Piptocephalis, die aus der Spore (*c*) ihren Ursprung nahm, bilden aus ihren verzweigten Fäden einerseits die sehr verkürzt gezeichneten Ausläufer mit den Conidienträgern (*k*), anderseits mehrere Copulationen (*g, h, i*). Das Bild ist eins der kleinsten, die ich überhaupt finden konnte; der Einfachheit und Raumersparniss wegen ist nur das Nothwendige und auch dies an vielen Stellen verkürzt wiedergegeben.

Zur Fruchtbildung bestimmte Fäden hören auf in die Länge zu wachsen und schwellen am Ende keulenförmig an. Wo zwei zur Befruchtung dienende Fäden sich begegnen (vielleicht ziehen sie sich auch gegenseitig an), verschlingen sie sich in vielen rankenartigen Windungen (Fig. 17 d—i, 1, 1 Taf. V) und neigen ihre geschwollenen Enden nach bogenförmiger Ausbuchtung zusammen (Fig. 17 d, 2, 2 Taf. V). Trotz der Verschlingungen und Drehungen der Fäden lassen diese sich in jedem Falle nach verschiedenen Fäden und Richtungen eines Myceliums verfolgen; ebenso kann ich es mit Wahrscheinlichkeit geltend machen, dass die keulenförmige Anschwellung der Fadenspitzen nicht erst durch die gegenseitige Berührung und Anregung der Fäden entsteht, sie fand sich auch einzeln vor genau in der Form der copulirenden Fäden. Mit der vollständigen Berührung der Keulenspitzen zweier verschlungener Fäden entsteht in Folge der Ausbuchtung der Keulen in der Mitte ein leerer unregelmässig kreisförmiger Raum, der nach beiden Seiten offen, oben durch den innigen Verband der Keulen, unten durch die Verschlingung der Fäden abgeschlossen ist (Fig. 17 u. 18 Taf. V u. VI). Jede Keule ist bis hierher nur eine Zelle, die allmählich verjüngt in die Verschlingung der Fäden ausgeht. Als erster Einfluss der gegenseitigen Berührung werden die verbundenen Enden der Keulen durch eine Scheidewand gegliedert, die etwas unterhalb der Mitte in jeder Keule sichtbar wird (Fig. 17 e—g Taf. V). Diese sind dadurch in je eine untere Trägerzelle, Suspensor 2 2 und eine obere Copulationszelle 3, 3, geschieden. Die beiden Copulationszellen, nunmehr auf dem Punkte der Verschmelzung, sind einander gleich, nicht an Grösse, Gestalt oder Inhaltsbeschaffenheit findet ein unterscheidbares Ueberwiegen der einen gegen

die andere statt, welches etwa eine Unterscheidung als männliches und weibliches Befruchtungsorgan zuliesse. Unmittelbar vor der Copulation stülpen sich beide Zellen an ihren äussersten Berührungspunkten, also an der Stelle der grössten Convexität, etwas nach aussen aus (Fig. 17 f, g, 4 Taf. V), an eben diesem Punkte lösen sich die Membranen auf (Fig. 17 h, 4 Taf. V) zur Vermischung des Inhaltes beider Zellen. Sofort mit eingetretener Verschmelzung beginnt die junge Zygospore zu wachsen. Ihr Wachsthum ist beschränkt auf eine ganz bestimmte Stelle. Es ist nur die Verschmelzungsstelle der beiden copulirten Zellen, die sich stärker nach aussen wölbt (Fig. 17 h, i, 4 Taf. V), an allen übrigen Stellen der Zygospore sind nicht die geringsten Wachsthumserscheinungen wahrzunehmen. Die Wölbung geht in schnell zunehmenden Dimensionen allmählich in die Kugelgestalt (Fig. 18 d, e, 4 Taf. VI) über und bekommt zusehends deutlicher eigenthümliche Membranverdickungen, die später die Gestalt stacheliger Warzen annehmen. Noch ist in diesem vorgeschrittenen Stadium die Zygospore ein Ganzes, eine Zelle (Fig. 18 d u. e Taf. VI), dicht erfüllt mit einem Plasma, welches im Vergleich zu seiner feinkörnigen Beschaffenheit unmittelbar nach der Copulation nun in einen mehr blasigen körnigen Zustand überzugehen beginnt. Diese Veränderung des Protoplasmas deutet den Abschluss des Wachsthums der Zygospore an. Es tritt im Inhalte eine immer mehr unterscheidbare Entmischung ein, die in dem völligen Uebertritt aller Körnchentheile in die Ausbuchtung ihr Ende erreicht; in den beiden Schenkeln der Zygospore bleibt der wässerige Theil allein zurück. Sie werden nun durch je eine Scheidewand (Fig. 18 f, 3 3 u. 4 Taf. VI) von der Ausbuchtung abgeschlossen, die mit ihrem Inhalte und ihrer Membranausrüstung die Dauerspore des Pilzes darstellt. Die beiden Scheidewände stellen die früheren Copulationszellen in ihrer Form fast unverändert wieder her, zwischen ihnen befindet sich jetzt die Dauerspore.

Von der Richtigkeit dieser letzteren Angaben namentlich bezüglich der Theilung der Zygospore und des Zeitpunktes, wann diese eintritt, kann man sich in der Flächenansicht einer Zygospore nicht mit Sicherheit überzeugen. Die Membranverdickungen, die bald nach ihrer Bildung nur an der auswachsenden Ausbuchtung, die später bei der Theilung zur Dauerspore wird, erscheinen, werfen gerade über die kritischen Stellen, die bezüglich der Scheidewandfrage näher zu untersuchen sind, einen Schatten (Fig. 18 d, 4 Taf. VI), der einer Scheidewand täuschend ähnlich ist. Durch Drehung eines Präparates um einen rechten Winkel (Fig. 18 e, 4

Taf. VI) kann man mit Leichtigkeit constatiren, dass die Ausbuchtung mit ihren Membranverdickungen in offener Verbindung mit den unteren Schenkeln der Zygospore steht, dass diese einzellig bleibt, bis die zukünftige Dauerspore ihre volle Grösse erreicht hat. Mit dem Momente, wo die Theilung der Zygospore eingetreten, ist nur die Dauerspore mit Inhalt erfüllt, ihre Schwesterzellen erscheinen leer, d. h. nur mit wässeriger Flüssigkeit versehen (Fig. 18 f, 3. 3 u. 4 Taf. VI).

Während der Nachreife der Dauerspore findet keine Vergösserung, nur eine Schichtung ihrer Membranen statt in ein gelbes abtrennbares Exosporium und ein glattes farbloses Endosporium, ganz wie bei den reifenden Zygosporen von Mucor und Chaetocladium. Dabei erstreckt sich die Cuticularisirung und Bräunung des Exosporiums noch über eine kurze Strecke der inhaltsleeren Schwesterzellen, in Fig. 18 f, 3. 3 Taf VI durch einen starken Schatten angedeutet. Die Nachreife der Dauersporen ist für ihre Keimfähigkeit von entscheidender Bedeutung, die Keimung wird nie mit den Sporen gelingen, die zwar völlig abgeschieden, aber nicht nachgereift sind. Die Zeitdauer von der Entstehung der Copulation bis zur Theilung der Zygospore betrug bei Objectträgerculturen 2 bis 3 Tage, eine mindestens ebensolange Zeit dürfte zur vollkommenen Nachreife der Dauersporen erforderlich sein.

Von den Zygosporen und deren Bildungsweise, welche wir bei den Mucorinen und Chaetocladium kennen, zeigen die jetzt beschriebenen der Piptocephalis und ihre Dauersporen bedeutende Abweichungen, welche hier, bevor die Keimung der letzteren in Betracht gezogen wird, eine kurze vergleichsweise Besprechung verdienen dürften. — Bis zur Copulation ist der Vorgang hier wie dort gleich. In allen Fällen werden die Copulationszellen von den Trägerzellen durch je eine Querwand abgeschieden, es sind nur Gestaltverschiedenheiten, die sich bemerkbar machen; dann aber findet nach eingetretener Copulation ein durchaus anderer Vorgang statt. Während nämlich bei Mucor und Chaetocladium die copulirenden Zellen selbst in ihrer ganzen Masse zur Zygospore werden, bleibt hier die Zygospore, wie sie durch Verschmelzung der copulirenden Zellen entstanden und morphologisch der Zygospore von Mucor und Chaetocladium gleichwerthig ist, ihrerseits nicht bestehen, sie ist nur transitorisch vorhanden und zerfällt durch Theilung am Ende ihres Wachsthumes in drei Zellen von ungleichem physiologischen Werthe (Fig. 18 f, 3. 3 u. 4 Taf. VI). Zwei derselben sind inhaltsleer und gleichen genau den früheren Copulationszellen, die dritte ist die eigent-

liche Dauerspore. Zygospore und Dauerspore sind demnach hier 2 ganz verschiedene Dinge, während sie bei Mucor unter einen Begriff fallen. Die Dauerspore ist das secundäre Product, eine durch Theilung entstandene Tochterzelle der Zygospore. Die Zygospore selbst hört mit ihrer Theilung auf zu existiren. — Und durchaus verschieden wie der Bildungsvorgang ist nun auch der ganze fertige Apparat. Er besteht bei Chaetocladium und Mucor aus drei Zellen (Fig. 17 Taf. II u. Fig. 22 Taf. IV), den beiden Trägern und der Zygospore; bei Piptocephalis hingegen aus fünf Zellen (Fig. 18 f Taf. VI), den zwei Trägern und den drei Theilproducten der Zygospore, deren mittlere, die Dauerspore, nicht von den Trägern der einstigen Zygospore, sondern von ihren Schwesterzellen getragen wird.

Die Keimung der Dauersporen, deren Suchen und Aufsammeln in der Massencultur auf Mist ob ihrer Kleinheit (die grössten haben nur einen Durchmesser von 0,0231 Mm.) und der schwer zu bewirkenden Reinigung eine mühselige Arbeit war, ging unter denselben Verhältnissen vor sich wie die der früheren ächten Zygosporen. Nachdem sie 2 Monate auf Objectträgern gelegen und mit Vorsicht vor Bacterien, die sie einhüllen und ihre Beobachtung hindern, und vor kleinen Thierchen, welche sie als Leckerbissen verspeisen, gehütet waren, trat die erste Keimung ein, die vom 10. Mai bis Ende Juni fortdauernd an sehr vielen Dauersporen beobachtet wurde. Der Keimschlauch durchbricht beide Häute und erzeugt normal einen (Fig. 20 f, 4 Taf. VI) nur schmächtigen Fruchtträger von Piptocephalis, der sich nur einmal gabelt und an der Spitze der Gabeläste in bekannter Weise die Sporen bildet. Eine Vielheit von Keimschläuchen, wie in Fig. 20 a, b, c, d Taf. VI abgebildet, ist als abnormale, durch äussere Störung bedingte Erscheinung aufzufassen. Nur einer dieser Keimschläuche kommt zur Fructification, nachdem die früheren verunglückt sind.

In den Keimungsvorgängen der früheren ächten Zygosporen und der Dauersporen von Piptocephalis waltet kein Unterschied ob. Die Dauerspore der Piptocephalis verhält sich genau wie eine Zygospore, sie ist mithin vom biologischen Gesichtspunkte aus das Analogon einer wirklichen Zygospore.

Mit den Sporen der Fruchtträger keimender Dauersporen wurden zur Ergänzung neue Culturen mit und ohne Mucor gemacht, die alle früheren Versuche bestätigten.

Da alle Culturversuche der ungeschlechtlichen Sporen der Piptocephalis bisher

nur mit Mucor Mucedo gemacht wurden, so bleibt zur schliesslichen Ergänzung noch die Nebenfrage zu entscheiden übrig, wie sich dieser Parasit zu den übrigen Mucorinen verhalten könne. Sie wurden also der Reihe nach durchprobirt, und es zeigte sich, dass die Piptocephalis auf den Mycelien aller mir bis jetzt bekannten Mucorinen ohne unterscheidbare Vorliebe wächst und auf allen mit gleicher Ueppigkeit gedeiht. Der Mucor selbst leidet von dem winzigen Parasiten nicht viel, da er niemals die Fruchtträger befällt. Diese kamen auch auf Objectträgerculturen meistens in kleinen, sehr verzweigten (Fig. 24 Taf. I) Exemplaren zur Reife und blieben nur aus, wenn man einem Mycelium die Ernährung zu vieler Piptocephaliden zumuthete. Bei der gegenseitigen Nahrungsbeschränkung wird dann auch die Piptocephalis nur sehr schwach entwickelt, die Fruchtträger bilden nur ein Köpfchen (Fig. 10 Taf. V), und es unterbleibt die charakteristische dichotome Verzweigung ganz. — Zur letzten Vervollständigung der Versuche über den Parasitismus der Piptocephalis kam auch das Chaetocladium an die Reihe. Es wurden gemischte Culturen von Mucor, Chaetocladium und Piptocephalissporen in der Art gemacht, dass zuerst das Chaetocladium einen Vorsprung erhielt von 12 Stunden, nun wurde Mucor eingesäet und reichlich befallen, erst dann die Piptocephalis. Sie wählte mit Vorliebe die protoplasmareichen hervorragenden Haustorienknäuel von Chaetocladium als Angriffspunkt. Es kam eine fast komische Verwicklung von Verzweigungen der Urnährpflanze Mucor mit dem als Parasit und Nährpflanze zugleich fungirenden Chaetocladium und der auf ihm lebenden Piptocephalis zu Stande; am Ende fructificirten alle drei in zwar kleinen, doch wohl ausgebildeten Fruchtträgern.

Mit der Piptocephalis sind die 2 Conidienformen von Mucor Mucedo, Piptocephalis und Chaetocladium, von denen die erstere immer zweifelhaft war, als selbständige Organismen festgestellt; damit ist die Conidienfrage bei den Mucorinen, denn mit Sicherheit waren sie nur für Mucor Mucedo angegeben, definitiv als erledigt anzusehen.

Es wird nun zur Beantwortung unserer Hauptfrage — nach der systematischen Stellung der Mucorinen selbst, nach ihrem natürlichen Anschlusse im Pilzsysteme — sich darum handeln, die drei hier ausführlich beschriebenen Pilze in ihren wesentlichsten Zügen im Zusammenhange zu betrachten.

Wir constatiren zunächst, dass alle drei in dem Cardinalpunkte, welcher der grossen Classification der anderen Pflanzenabtheilungen bereits als Grundlage dient, und welcher bei den Pilzen mit jeder Erweiterung unserer Kenntniss an Geltung gewinnt, der geschlechtlichen Befruchtung nämlich und daraus hervorgehender geschlechtlich erzeugter Fruchtkörper, völlig übereinstimmen. Diese wurden hier in allen drei Fällen durch Verschmelzung zweier morphologisch und physiologisch gleichwerthiger, in Gestalt und Grösse fast oder ganz übereinstimmender Zellen gebildet, das Product war eine Zygospore, die entweder direct als Ganzes zur Dauerspore wurde oder diese durch einen weiteren einfachen Theilungsvorgang als Theil des Ganzen aus sich bildete.

Hiernach gehören alle drei Pilze, die nach ihren sonstigen Verschiedenheiten Vertreter differenter Familien sind, einer grossen Gruppe an, für die nach den Zygosporen die Bezeichnung »Zygomyceten« am geeignetsten sein dürfte.

Diese Gruppe der Zygomyceten umfasst nach bis jetzt gewonnenen Kenntnissen zwei Abtheilungen:

1) Zygomyceten mit ungeschlechtlichen Sporangien, deren Sporen innerhalb einer Mutterzelle entstehen.
2) Zygomyceten mit ungeschlechtlichen Conidien, die durch Abschnürung oder einfache Zergliederung gebildet werden.

In die erste Abtheilung gehören die Mucorinen, in die zweite Abtheilung vorläufig die Chaetocladiaceen und Piptocephalideen.

Für die Chaetocladiaceen und Piptocephalideen gilt die modificirte Bildung der Dauersporen als nächstes Unterscheidungsmerkmal: Diese geht bei den Chaetocladiaceen direct aus der jungen Zygospore hervor, sie vergrössert sich und umgibt sich mit widerstandsfähigen Membranen für den Dauerzustand; die Zygospore selbst also ist hier Dauerspore. Bei den Piptocephalideen hingegen bildet sich die Dauerspore durch einen nachträglichen Theilungsvorgang aus der Zygospore; die Dauerspore selbst ist entstanden aus der Theilung einer Zygospore, die ihrerseits mit der Theilung zu bestehen aufhört.

Die exacte Beantwortung unserer Frage, die wir in der Einleitung als die Hauptaufgabe dieser Arbeit bezeichneten — die Frage nach der systematischen Stellung der Mucorinen im Pilzsysteme überhaupt — kann nunmehr folgender Art gefasst werden:

»*Die Mucorinen bilden eine Familie in der grossen Gruppe der Zygomyceten und schliessen sich in dieser zunächst den Chaetocladiaceen an.*«

Die Gruppe der Zygomyceten selbst ist durch nachstehenden Entwicklungsgang charakterisirt:

»Die ungeschlechtliche Spore bildet ein Mycelium, das ungeschlechtliche Sporangien oder Conidienträger zuerst, nach diesen oder noch gleichzeitig mit ihnen auf demselben oder auf besonderem Mycelium die geschlechtlichen Fruchtkörper erzeugt, welche letzteren aus der paarweisen Verschmelzung und Auflösung gleicher Zellen zu einer einzigen entstehen und als Zygosporen bezeichnet werden. Die Zygospore ist entweder zugleich Dauerspore, oder diese geht durch Theilung aus der Zygospore als Tochterzelle hervor. Nach langer Ruhe keimen die Dauersporen und bringen ohne Mycelium direct einen Sporangien- oder einen Conidienträger hervor ganz analog denen, die auf Mycelien wachsen. Die Sporen oder Conidien erzeugen wieder Mycelien, von denen wir oben ausgingen.«

Durch die Einführung der Zygomyceten in das Pilzsystem ist eine bisher bestehende Lücke ausgefüllt. Einerseits sind die Mucorinen aus ihrer isolirten zusammenhangslosen Stellung befreit, anderseits ist durch die Bereicherung und Einschiebung der conidientragenden Zygomyceten der Anschluss dieser an die übrigen grossen Gruppen der Pilze vermittelt. Unter diesen, den Peronosporeen, Saprolegnieen und Ascomyceten finden sich bei den Peronosporeen entwicklungs-

geschichtlich die meisten Anklänge an die Zygomyceten. Die Peronosporeen haben Conidienträger und eine geschlechtlich erzeugte Dauerspore; sie aber wird durch blosse Berührung ohne Verschmelzung zweier in Grösse, Gestalt und Function verschiedener Zellen gebildet, einer grossen weiblichen, dem Oogonium, und einer kleinen männlichen, dem Pollinodium[1]). Die Saprolegnieen haben statt der Conidien ungeschlechtliche Schwärmsporen, in ihren Oogonien entsteht mit der Befruchtung nicht eine, sondern mehrere Oosporen. Bei denjenigen Ascomyceten endlich, die, soweit sie ungeschlechtliche Conidien haben, den Zygomyceten näher kommen, findet der geschlechtliche Vorgang nach unserer dermaligen Kenntniss bald durch eine wirkliche Verschmelzung der männlichen Zeugungszelle, des Pollinodiums, mit der weiblichen, dem Ascogon, statt, z. B. Peziza confluens[2]), Eurotium Aspergillus glaucus[3]), bald nur eine innige Berührung beider wie bei Erysiphe[4]) und Ascobolus[5]); doch nach der Befruchtung wächst das Ascogon nicht zu einer Dauerspore aus, sondern erzeugt unmittelbar ohne Pause in der inzwischen vorgebildeten Cupula oder Perithecium die ascogenen Hyphen und die sporentragenden Ascen.

Der Reihenfolge genau bekannter Pilzgruppen, Zygomyceten, Peronosporeen, Saprolegnieen und Ascomyceten stehen nunmehr die Basidiomyceten und Hypodermier allein gegenüber, deren mangelhafte Kenntniss der Geschlechtsorgane und geschlechtlich erzeugter Fruchtkörper um so fühlbarer hervortritt.

Der Umfang der Gruppe der Zygomyceten kann erst durch weitere Untersuchungen ins richtige Licht gestellt werden. Sie wird ohne Zweifel vorwiegend diejenigen conidientragenden Schimmelformen umfassen, die nicht den Ascomyceten angehören, für die es bisher kein oder nur ein aufgenöthigtes Unterkommen gab. Bei einer fraglichen Conidienform wird es sich daher in erster Linie um die Frage handeln, ob dieselbe als ungeschlechtliche

---

[1]) *de Bary:* Recherches sur le developpement de quelques champignons parasites Annales des sciences naturales, tome XX.

[2]) Annales des sciences naturales, tome VI, 1866. *Tulasne:* Note sur les phénomènes de copulation, que présentent quelques champignons.

[3]) Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pilze. III. Reihe. 1870. *de Bary:* Eurotium.

[4]) Beiträge. III. Reihe. *de Bary:* Erysiphe.

[5]) Beiträge. II. Serie. *Woronin:* Ascobolus pulcherrimus, S. 1—10.

Fruchtform einem Zygomyceten oder einem Ascomyceten angehört. Die Conidienformen beider Gruppen sind die Hauptconstituenten »der zahlreichen Pilzformen, die man gewöhnlich als Schimmel« begreift; ihre speciellere Aufklärung steht von weiteren rationellen Untersuchungen zu erwarten.

Bezüglich der Zygomyceten wird endlich die Frage von besonderer Wichtigkeit sein, ob sie sich nicht auch über die einzelligen Pilze erstrecken und vielleicht bei ihnen ihre Endpunkte haben, worauf die Analogie mit den Conjugaten der Algen[1]) (soweit es zur Zeit erlaubt ist, von Analogie zwischen Pilzen und Algen zu reden) nicht ohne Wahrscheinlichkeit hinweist.

Rein physiologische Fragen, welche auf die Ernährung und Lebenserscheinungen der vorliegenden Pilze, und auf die Zersetzungen Bezug haben, die sie auf ihr Substrat ausüben, konnten in dieser zunächst morphologisch-biologischen und systematischen Abhandlung nicht besprochen werden; sie bilden eine besondere Aufgabe für sich, zu deren gründlicher Behandlung eine genaue entwicklungsgeschichtliche Kenntniss die erste nothwendige Voraussetzung ist. Es schien mir zweckmässig, das bisherige Ergebniss meiner Versuche über den Mucor Mucedo nicht an dieser Stelle für sich allein, sondern später am Schlusse des Ganzen mitzutheilen, wenn es möglich sein wird, die weiteren Resultate zugleich beizufügen, die sich bei den übrigen systematisch wohl unterschiedenen Mucorinen und anderen Schimmelpilzen vergleichend ergeben.

---

[1]) *de Bary:* Untersuchungen über die Familie der Conjugaten. Leipzig 1858

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Mucor Mucedo.

Fig. 1. $\frac{1}{350}$. Sporen von Mucor Mucedo.

Fig. 2. $\frac{1}{300}$. Keimung der Sporen in Mistdecoct verfolgt *a* Anschwellung einer keimenden Spore, *b* und *c* Austreten der Keimschläuche aus derselben.

Fig. 3. $\frac{1}{25}$. Gestalt und Verzweigung eines ausgewachsenen Myceliums von Mucor Mucedo aus der Spore *a* in Mistdecoct auf dem Objectträger gezogen. Das Mycelium hat einen ungeschlechtlichen Fruchtträger *b* gebildet, der sich über die Culturflüssigkeit erhebt und daher dunkel schattirt ist. Der Fruchtträger schliesst oben mit dem Sporangium *c* ab, worin die Sporen schon gebildet sind, er befindet sich vor seiner letzten Streckung, durch die er um das 5- bis 6fache verlängert wird. *d* ist die erste Fruchtträger-Anlage, die nicht zur Entwicklung gekommen und durch eine Scheidewand abgeschlossen ist. — Des Raumes wegen konnte das Bild nicht stärker vergrössert werden.

Fig. 4. $\frac{1}{300}$. Spitze eines jungen Fruchtträgers, Beginn der Sporangienbildung. Optischer Längsschnitt.

Fig. 5. $\frac{1}{300}$. Aehnlicher, weiter vorgeschrittener Zustand eines Fruchtträgers. Optischer Längsschnitt.

Fig. 6. $\frac{1}{300}$. Junge Fruchtträgerspitze mit ausgebildeter Anlage des Sporangiums. *a* der Fruchtträger, *b* die gewölbte Scheidewand, die Columella, die den Fruchtträger von der Sporangiumanlage abscheidet, *c* die Sporangienmembran, an deren Oberfläche regelmässig geordnete spitze Stacheln auftreten. *d* Sporangiumanlage mit gleichmässig körnigem Protoplasma erfüllt. Optischer Längsschnitt.

Fig. 7. $\frac{1}{300}$. Fruchtträger mit jungem Sporangium, in welchem die Sporenbildung beginnt. *a* der Fruchtträger, *b* die Columella, *c* die Sporangienmembran mit ihren Stacheln, *d* die Anlage der Sporen, *e* lichthelle Interstitien zwischen den Sporen.

Fig. 8. $\frac{1}{300}$. Fruchtträger mit unter Wasser geöffnetem Sporangium, aus dem die eben gebildeten Sporen durch die sie umgebende Quellsubstanz hervortreten. *a* der Fruchtträger, *b* die Columella, *c* Sporangienmembran, *d* junge Sporen noch ohne durch Reagentien nachweisbare Membran, *e* aufgequollene Zwischen-

substanz. — Der Fruchtträger hat sich noch nicht gestreckt, ist daher nebst Columella mit körnigem Protoplasma erfüllt.

Fig. 9. $\frac{1}{300}$. Stück einer Sporangienmembran, von aussen gesehen.

Fig. 10. $\frac{1}{80}$. Reifes Sporangium, von aussen gesehen, nach der Streckung des Fruchtträgers.

Fig. 11. $\frac{1}{300}$. Dasselbe Sporangium, durch Behauchen auf dem Objectträger zerflossen. *a* die zerflossene Membran, die im weiten Hofe die Sporenmasse *b* umgibt, *c* die zerbrochenen Stacheln, die die Sporangienmembran umkleideten. — Um Raum zu sparen, ist hier und in den nächsten Figuren nur ein Stückchen des ganzen Sporangiums abgebildet.

Fig. 12. $\frac{1}{300}$. Reife Sporangien, vor dem Zerfliessen der Sporangienmembran mit Salzsäure behandelt, wodurch die stachelige Bekleidung gelöst ist. *a* die Sporenmasse in normaler Anordnung im Sporangium, *b* durch Alkohol contrahirt, wodurch der Zwischensubstanz Wasser entzogen ist, *c* nach durch Alkohol bewirkter Contraction zerdrückt und mit sehr verdünntem Jod behandelt, wodurch die farblose Zwischensubstanz, der jede Spore eingebettet liegt, deutlich hervortritt.

Fig. 13. $\frac{1}{300}$. Fruchtträger mit ihren Columellen in verschiedener Grösse und Gestalt; die Sporangien sind abgelöst. *a* Fruchtträger, *b* Columella, nur die grösste hat die für Mucor Mucedo normale und unveränderte Gestalt, *c* Reste der stacheligen Bekleidung, die an der Insertionsstelle des Sporangiums haften geblieben sind, *d* Sporen aus dem Sporangium.

Fig. 24. $\frac{1}{300}$. Stück eines sehr kümmerlichen, verzweigten Fruchtträgers, dessen Mycelium von Piptocephalis Freseniana sehr stark befallen war. Die Sporangien haben keine Columella und nur sehr wenige fast runde Sporen.

Fig. 25. $\frac{1}{80}$. Fruchtträger von Pilobolus Mucedo. *a* Fruchtträger, *b* Sporangium.

Fig. 26. $\frac{1}{80}$. Ein ähnlicher Fruchtträger des Pilobolus im Momente des Abquellens des Sporangiums durch die aufquellende Quellschicht, die zwischen Sporangium und Columella liegt. *a* Fruchtträger, *b* Abrissstelle des Sporangiums, *c* Columella, *d* Sporangium mit schwarzer cuticularisirter Membran, *e* stachelige Bekleidung der Sporangienmembran, *f* aufgequollene noch mit der Columella verbundene Quellschicht.

Tafel II.

Mucor Mucedo.

Fig. 14. $\frac{1}{80}$. Junger Copulationszustand des Mucor Mucedo. *b b* die zwei copulirenden Fäden, von denen die Copulationszellen *a a* bereits abgeschieden sind.

Fig. 15. $\frac{1}{300}$. Weiter vorgerückter Zustand. *a* die in der Mitte verschmolzenen Copulationszellen, die junge Zygospore, auf der warzenartige Membranverdickungen *c* sichtbar werden, *b b* die beiden Suspensoren.

Fig. 16. $\frac{1}{300}$. Gestalt einer reifen Zygospore *a* mit ihren beiden Suspensoren *b b*.

Fig. 17. $\frac{1}{300}$. Eine andere grosse Zygospore, Buchstaben wie in Fig. 16.

Fig. 18. $\frac{1}{120}$. Stück von dem Exosporium einer reifen Zygospore. *a* Ansatzstelle eines Suspensors.

Fig. 19. $\frac{1}{8\,0}$. Vom Exosporium befreite Zygospore *a* die auf dem Endosporium erkennbare Ansatzstelle des Suspensors, auf der die Vorsprünge *b* fehlen. *c* ein grosser durch die Membran schimmernder Oeltropfen, der sich im protoplasmatischen Inhalte abhebt.

Fig. 20. $\frac{1}{3\,0\,0}$. Querschnitt aus einer Zygospore, der die Dicke ihrer Membranen und deren Verbindung mit einander zeigt *a* Exosporium, *b* Endosporium, deren Erhabenheiten correspondiren, *c c* die Träger.

Fig. 21. $\frac{1}{1\,2\,0}$. Keimende Zygospore. *a* Zygospore, *b b* Suspensoren, *c* erster Keimschlauch, der nicht zur Entwicklung gekommen, *d* zweiter Keimschlauch, der beide Häute durchbricht.

Fig. 22. $\frac{1}{1\,2\,0}$. Keimende Zygospore mit aufgeplatztem Exosporium. *a a* Zygospore, *b b* Suspensoren, *c* Endosporium, welches vom Keimschlauche *d* durchbrochen wird. Die erste Spitze *e* des Keimschlauches kommt nicht zur Entwicklung und ist von dem Seitenaste *f*, der ein Sporangium *g* trägt, durch eine Scheidewand abgeschieden, *h* die Columella des Fruchtträgers nach seiner Streckung und der Ablösung des Sporangiums.

Fig. 23. $\frac{1}{1\,2\,0}$. Keimende Zygospore mit abgelöstem Träger im Profil gesehen. *a* Zygospore, *b* Ansatzstelle eines Suspensors, *c* Fruchtträger, *d* Sporangium, *e* der gestreckte Fruchtträger mit der Columella, von den Sporen des Sporangiums umgeben.

Tafel III.

Chaetocladium Jones'ii.

Fig. 1. $\frac{1}{6\,3\,0}$. Sporen von Chaetocladium Jones'ii.

Fig. 2. $\frac{1}{3\,0\,0}$. Keimung der Sporen in Mistdecoct auf dem Objectträger. *a* Anschwellung der Sporen, *b* Austreten der Keimschläuche.

Fig. 3. $\frac{1}{1\,2\,0}$. Kleines Mycelium aus einer Spore *a*, in Mistdecoct gezogen.

Fig. 4. $\frac{1}{4\,5\,0}$. Stück eines etwas grösseren Myceliums, stärker vergrössert, dessen Wachsthum mit der Bildung der unregelmässig sparrig verzweigten kurzen Äeste stille stand.

Fig. 5. $\frac{1}{6\,3\,0}$. Ansatzstelle der jungen Keimschläuche von Chaetocladium an Mucormycelfäden. *a a* Stück eines Mucormyceliums, *b b* keimende Sporen von Chaetocladium, *c c* die Keimschläuche der Sporen, *d* Verschmelzung der Keimschläuche von Chaetocladium mit dem Mucormycelium, *e* Bildung neuer Haustorialfortsätze aus dem Keimfaden des Chaetocladiums unmittelbar über dem ersten Haustorium. — Die Zeichnungen dieser und der nächsten Figuren sind nach Präparaten aus der Cultur beider Sporen in Mistdecoct auf Objectträgern gemacht.

Fig. 6. $\frac{1}{6\,3\,0}$. Aehnliches etwas weiter wie Fig. 5 vorgerücktes Stadium eines jungen Chaetocladium-Keimschlauches, der ein Mucormycelium befällt. Buchstaben wie in Fig. 5.

Fig. 7. $\frac{1}{6\,3\,0}$. Noch weiter entwickelter Zustand wie Fig. 6. Buchstaben wie dort.

Fig. 8. $\frac{1}{6\,3\,0}$. Sehr vorgeschrittenes Stadium des Parasitismus des Chaetocladiums auf Mucormycelfäden. *a a* Mycelfäden von Mucor Mucedo, *b* Spore von Chaetocladium

mit dem Keimschlauche *c*, *d* Haustorienknäuel des Chaetocladiums über der Ansatzstelle, *e* ein von dem Knäuel *d* ausgehender Schlauch, der einen benachbarten Mycelfaden des Mucor in *f* befällt, sich selbständig zu ernähren.

Fig. 9. $\frac{1}{300}$. Ein Fruchtträger von Mucor Mucedo, an drei Stellen von Chaetocladium befallen. *a* Mucorfruchtträger, *b* Chaetocladiumschläuche, die die Haustorialknäuel *c* bildeten. (Objectträgercultur.)

Fig. 10. $\frac{1}{300}$. Kleiner Seitenzweig eines Fruchtträgers, von Mucor Mucedo unmittelbar unter dem Sporangium befallen. *a* Fruchtträger, *b* Sporangium, *c* Faden von Chaetocladium, der das Haustorium *d* bildet. (Objectträgercultur.)

Fig. 11. $\frac{1}{300}$. Sehr kleine Sporangien, die an Seitenzweigen eines stark befallenen Fruchtträgers von Mucor Mucedo zur kümmerlichen Fructification gekommen sind. Die Sporen sind klein und rund, kaum zu unterscheiden von denen von Chaetocladium, geben auf gutem Substrate normalen Mucor Mucedo wieder.

Fig. 12. $\frac{1}{80}$. Ein üppiger Fruchtträger von Mucor Mucedo, gerade unter dem Sporangium von Chaetocladium befallen. *a* Fruchtträger, *b* Sporangium des Mucor Mucedo, *c* vom Haustorialknäuel ausgehende Fruchthyphen von Chaetocladium. (Massencultur.)

Fig. 13. $\frac{1}{80}$. Ein Fruchtträger von Mucor Mucedo, seiner ganzen Länge nach befallen. *a* Fruchtträger des Mucor. *b* Haustorienknäuel, *c* Fruchthyphen von Chaetocladium, die in *d* seitliche Fruchtstände führen; die fructificirenden Zweige entspringen direct aus dem Haustorialknäuel. Massencultur.

Fig. 14. $\frac{1}{300}$. Haustorialgebilde, die seitlich im Verlaufe üppiger Hyphen von Chaetocladium auftreten ohne directe Berührung mit Mucorfäden.

Fig. 15. $\frac{1}{300}$. Grössere Haustorialknäuel dieser Art.

Tafel IV.

Chaetocladium Jones'ii.

Fig. 16. $\frac{1}{450}$. Ungeschlechtlicher Fruchtstand von Chaetocladium Jones'ii in directem Zusammenhange mit einer reifen Zygospore. *a* die Zygospore, *b b* die beiden Suspensoren ungleicher Grösse, *c c* der Conidienstand von Chaetocladium. Der Conidienstand und die Suspensoren der Zygospore sind von oxalsaurem Kalke fein granulirt.

Fig. 17. $\frac{1}{300}$. Junger Zustand von Chaetocladium unmittelbar vor der Copulation. *a a* die Copulationszellen, die nicht ganz gleicher Grösse sind, *b b* die Suspensoren, deren einer im Verlaufe eines Fadens entstanden ist und daher zwei Ausgangspunkte hat.

Fig. 18. $\frac{1}{300}$. Aehnlicher Zustand wie Fig. 17. Buchstaben ebenso.

Fig. 19. $\frac{1}{300}$. Chaetocladium in Copulation. *a* die junge Zygospore, an der sogleich Membranverdickungen auftreten, *b b* die Suspensoren.

Fig. 20. $\frac{1}{300}$. Aehnlicher Zustand wie Fig. 19. Bezeichnung ebenso.

Fig. 21. $\frac{1}{300}$. Eine reife Zygospore *a* mit ihren Trägern *b b*, die sehr ungleicher Grösse sind.

Fig. 22. $\frac{1}{630}$. Eine andere reife Zygospore mit ihren beiden ungleichen Trägern, sehr stark vergrössert.

Fig. 23. $\frac{1}{630}$. Flach ausgebreitetes Exosporium einer Zygospore, sehr stark vergrössert. *a* die starken warzenartigen Erhabenheiten des Exosporiums, *b* Ansatzstelle eines Trägers.

Fig. 24. $\frac{1}{300}$. Vom Exosporium befreite Zygospore. *a* das glatte Endosporium, *b* ein dicker Oeltropfen im protoplasmatischen Inhalte, der durchschimmert.

Fig. 25. $\frac{1}{630}$. Durchschnitt einer reifen Zygospore, stark vergrössert. *a* Exosporium, *b* Endosporium.

Fig. 26. $\frac{1}{300}$. Eine Zygospore nach mehrmonatlichem Liegen in feuchter Luft auf dem Objectträger kurz vor der Keimung. (Optischer Durchschnitt.) Der Oeltropfen, der früher durch beide Membranen an der reifen Zygospore durchschimmerte, hat sich im protoplasmatischen Inhalte gelöst, der nun aus gleichmässig feinkörnigem Protoplasma besteht.

Fig. 27. $\frac{1}{150}$. Keimende Zygospore mit aufgeplatztem Exosporium. *a* Exosporium, *b* Endosporium, *c c c* Keimschläuche, die das Endosporium durchbrechen, *d* ein Keimschlauch, der an seiner Spitze bei der ersten Verzweigung zum Fruchtstande geblieben ist, *e* ein anderer, bei dem die Verzweigung dritten Grades angelegt ist, *f* Seitenzweig eines Keimschlauches, der an Zweigen zweiten Grades einige Conidien trägt. Dieser Seitenzweig trägt von allen Keimschläuchen allein Conidien, wie eine tagelang fortgesetzte Beobachtung ergab. Die Keimschläuche haben sich in dem Masse, als die vorhergehenden verunglückt, immer wieder neu gebildet, so dass die Conidienbildung durch den Consum der Nährvorräthe der Zygospore für die vielen Keimschläuche nunmehr sehr spärlich auftreten konnte.

Fig. 28. $\frac{1}{150}$. Dieselbe Zygospore mit ihren Keimschläuchen, zur Deutlichkeit stärker vergrössert.

Fig. 29. $\frac{1}{150}$. Keimende Zygospore, deren Häute an 3 verschiedenen Stellen von Keimschläuchen durchbrochen sind. *a* Exosporium, *b b* Austrittsstellen der Keimschläuche, *c* der mit einem grossen Fruchtstande fructificirende Keimschlauch, der von Scheidewänden durchsetzt ist, *d* der Fruchtstand, an dem die Conidien von den Sterigmen, den Zweigen fünften Grades, unter Wasser abgefallen sind, *e e* die verunglückten, nicht zur Entwicklung gekommenen Keimschläuche.

Fig. 30. $\frac{1}{150}$. Keimende Zygospore mit 2 Keimschläuchen *c* und *e*, von denen nur *c* fructificirt. Der Fruchtstand in Luft gezeichnet, mit seinen Conidien versehen.

Fig. 31. $\frac{1}{150}$. Normale Keimung einer Zygospore mit einem Keimschlauche *c*, der in seinem Verlaufe einen Wirtel von Fruchtzweigen *d* bildet, oben in *e* blind endet.

Tafel V.

Piptocephalis Freseniana.

Fig. 1. $\frac{1}{300}$. Sporen von Piptocephalis.

Fig. 2. $\frac{1}{300}$. Keimung der Sporen in Mistdecoct. *a* beginnende Anschwellung der Spore in der Mitte der Längenausdehnung, von der die äussersten Enden ausgeschlossen sind, *b* vorgerückte Anschwellung, *c* seitliche Austreibung des

Keimschlauches, *d* keimende Sporen, die nach mehreren Seiten Schläuche austreiben.

Fig. 3. $\frac{1}{300}$. Kleine Mycelien, die sich im Laufe mehrerer Tage aus den Keimschläuchen der keimenden Sporen in Mistdecoct bildeten. *a* Spore, *b* daraus gewachsenes Mycelium.

Fig. 4. $\frac{1}{300}$. Junger Fruchtträger von Piptocephalis. *a* Fruchtträger, *b* die dichotomischen Verzweigungen, die der Fruchtträger an der Spitze bildet, *c* die angeschwollenen Enden der Dichotomien, *d* die einzelligen Schläuche, die aus diesen Enden hervorzusprossen beginnen.

Fig. 5. $\frac{1}{630}$. Die Enddichotomie eines Fruchtträgers, stärker vergrössert; dieselbe trägt oben auf der Anschwellung *c* die ausgewachsenen, aber noch einzelligen Schläuche *d*, aus denen später die Sporen durch einfache Gliederungen entstehen.

Fig. 6. $\frac{1}{630}$. Gabelhälfte eines Fruchtträgers mit reifen Sporen, die schon zum Theil abgefallen sind. *a* Gabelast, *b* seine Dichotomien, *c* die angeschwollenen Köpfchen der Dichotomien, diese sind durch Scheidewände getrennt, durch deren Wölbung sie mit den Sporen abfallen, *d* die Schläuche, durch einfache Quertheilung in 3—4 Zellen zerfallen, die sich ebenfalls durch Wölbung der Scheidewände von einander trennen und die Sporen darstellen.

Fig. 7. $\frac{1}{630}$. Abgefallenes Köpfchen, auf dem die in Sporen zertheilten Schläuche noch stehen geblieben sind. *c* Köpfchen, *d* Sporen.

Fig. 8. $\frac{1}{630}$. Ganz isolirte Köpfchen.

Fig. 9. $\frac{1}{300}$. Kleiner Fruchtträger aus einer Objectträgercultur mit doppelter Gabelung. *a* Fruchtträger, *b b* Gabeläste, *c* Köpfchen, *d* Sporen, *e e* durch Thautropfen zu einem scheinbaren kugeligen Sporangium vereinigte Köpfchen mit ihren Sporen.

Fig. 10. $\frac{1}{300}$. Sehr kleiner junger Fruchtträger ohne alle Gabelung.

Fig. 11. $\frac{1}{300}$. Fruchtträger mit vielen Dichotomien, die ihre Köpfchen mit den Sporen abgeworfen. *a* Fruchtträger, verkürzt, *b* Dichotomien. Der Fruchtträger entspringt mit auffallender Verbreiterung aus einem sehr dünnen Faden *c*, der um mehr wie das 10fache verkürzt gezeichnet ist und zu dem Mycelium *d* hinführt, von dem nur einige Aeste gezeichnet sind. Fruchtträger und Mycelium sind von Querwänden durchsetzt. Der Fruchtträger, ebenso wie der kleinere nebengezeichnete mit nur doppelter Dichotomie, ist auf dem Objectträger gezogen.

Fig. 12. $\frac{1}{630}$. Stück eines Myceliums von Mucor Mucedo, von dem Keimschlauche einer keimenden Piptocephalisspore befallen. *a* Mycelfäden von Mucor Mucedo, *b* sparrige Zweigbildung des Mycelfadens, durch Piptocephalis hervorgerufen, *c* die gekeimte Spore von Piptocephalis mit den Keimschläuchen *d d*, die in *e e e* mit den angeschwollenen Enden am Mucorfaden haften. (Cultur in Mistdecoct auf Objectträgern.)

Fig. 13. $\frac{1}{630}$. Ein anderes Mycelstück von Mucor *a* mit seinen durch Piptocephalis hervorgerufenen Verzweigungen *b b*, von dem aus der Spore *c* auskeimenden Keimschlauche *d* in *e* befallen. Der eine schon vom Mucor ernährte Seiten-

ast *d* des Keimschlauches verbreitert sich und wächst nach anderen Mucorfäden. Objectträgercultur.

Fig. 14. $\frac{1}{630}$. Weiteres durch Piptocephalis befallenes Mycelstück von Mucor; Bezeichnung wie in den beiden vorigen Figuren. Objectträgercultur.

Fig. 15. $\frac{1}{630}$. Spitze eines Mucormycelfadens mit monströser Verzweigung durch Piptocephalis. *a* Mycelfaden von Mucor, *b b b* Verzweigung desselben durch Piptocephalis, *c* ausgekeimte Spore von Piptocephalis, die in *c* mit ihrer Keimschlauchspitze dem Mucorfaden aufsitzt, *d d* Austreibungen der Spore nach entgegengesetzten Richtungen durch eingetretene Ernährung. Objectträgercultur.)

Fig. 16. $\frac{1}{300}$. Knäuelartige Verzweigung *b'* im Verlaufe des Mucorfadens *a*, der von dem aus der Spore *c* ausgewachsenen Keimschlauche von Piptocephalis in *c* befallen ist, b^2 Verzweigungsknäuel am Mucorfaden, in der Nähe der von Piptocephalis befallenen Stelle entstanden. Objectträgercultur.

Fig. 17. $\frac{1}{630}$. Mucormycelfaden, auf dem Piptocephalis, die zu copuliren beginnt, schmarotzt. *a a* Mucormycelfaden, *b b b* Piptocephalisfäden, *c* Ansatzstellen des Parasiten auf der Nährpflanze. Von diesen Ansatzstellen der Piptocephalis gehen ihre Haustorienbüschel in das Innere des Mucorfadens. *d* zwei verschlungene Piptocephalisfäden 1 1, deren Enden 2 2 keulenartig angeschwollen in 3 gegeneinander getreten sind. *e* copulirende Piptocephalisfäden aus demselben Mycelium; die gegeneinander getretenen Keulen der verschlungenen Fäden 1 1 sind durch Scheidewände in je 2 Zellen getheilt, von denen die unteren 2 2 die Trägerzellen, die oberen 3 3 die Copulationszellen darstellen. *f* Ausbuchtung der Copulationszellen 3 3 über ihrer Berührungsstelle in 4, *g* noch etwas weiter vorgerückter Zustand wie *f* unmittelbar vor der Copulation *h*. Eingetretene Verschmelzung der beiden Copulationszellen 3 3 in 4, Ausbuchtung der jungen Zygospore nach aussen, über der Verschmelzungsstelle, die Anlage der zukünftigen Dauerspore, an der sich schon Membranverdickungen zeigen. *i* Copulation in der Profilansicht; Bedeutung der Zahlen wie in *h*. *k* abnorme Copulation, bei der die copulirenden Fäden nicht verschlungen sind, ein ganz vereinzelter nur einmal gefundener Fall. Die nicht direct mit den gezeichneten Mycelfäden am Mucorfaden in Zusammenhang stehenden Copulationen sind nach Zuständen derselben Objectträgercultur gezeichnet.

Tafel VI.

Piptocephalis Freseniana.

Fig. 18. $\frac{1}{630}$. Ein Mycelfaden von Mucor, von dem sich Piptocephalis nährt, die Zygosporen bildet. *a a* Mycelfaden des Mucor, *b b b* Fäden der Piptocephalis, die in *c c c* dem Mucor aufsitzen und Haustorien in sein Inneres getrieben haben. *d* junge Zygospore der Piptocephalis, 1 1 die verschlungenen Fäden, 2 2 die Suspensoren, 3 3 die Zygospore, die in 4 die kugelige Ausbuchtung, die zukünftige Dauerspore gebildet hat, die schon starke Membranverdickung und Vorsprünge zeigt. *e* eine junge Zygospore in gleichem Zustande der Entwicklung

wie *d*, mehr von der Seite gesehen im optischen Durchschnitt. *f* Copulation mit reifer Dauerspore, 1 1 die verschlungenen Fäden, 2 2 die Trägerzellen der früheren Zygospore, die hier ihre Bedeutung verloren haben, 3 3 und 4 die drei Tochterzellen, welche durch Theilung aus der Zygospore entstanden sind, 3 3 die zwei inhaltleeren Tochterzellen, die in ihren Dimensionen genau den früheren Copulationszellen entsprechen und hier als Träger der Dauersporen fungiren, 4 dritte Tochterzelle, von den beiden Schwesterzellen 3 3 sehr abweichend, die eigentliche Dauerspore von Piptocephalis. *α* warzenartige Membranverdickungen des stark gebräunten Exosporiums der Dauerspore, *β* Bräunung und Cuticularisirung der Membranen von 3 3, die nur an den Verbindungsstellen mit der Dauerspore eintreten. (Objectträgercultur.)

Fig. 19. $\frac{1}{300}$. Gesammtbild von Piptocephalis, die auf Mucor lebt und geschlechtlich und ungeschlechtlich fructificirt. *a a* Mucorfaden, *b b b* die monströse Verzweigung, zu der ihn Piptocephalis reizte, welche aus der Spore *c* hervorging und sich mit ihren Keimschläuchen *d d* dem Mucorfaden aufsetzte, *e e* das Mycelium von Piptocephalis über der Ansatzstelle, *f f f* dünne Mycelfäden, die in *g h i* copuliren und in *k k* Conidienträger gebildet haben, mit mehrfachen Dichotomieen *l l* und noch ungetheilten Sporenschläuchen auf deren Spitzen. Das Bild ist vielfach verkürzt gezeichnet und durch Weglassen von Mycelästen vereinfacht zur besseren Uebersichtlichkeit. Die Mycelfäden, aus denen die ungeschlechtlichen Fruchtträger hervorgehen, sind um das Vielfache, die Fruchtträger selbst um mehr als ihre doppelte Länge verkürzt. (Objectträgercultur.)

Fig. 20. $\frac{1}{300}$. Keimung der Dauersporen von Piptocephalis. *a* Keimung einer Dauerspore, bei der das Exosporium gesprengt ist, 1 1 die ursprünglichen Träger der Zygospore, 2 2 die beiden Tochterzellen der Zygospore, die Träger ihrer Schwesterzelle 3, der Dauerspore, 4 4 Keimschläuche der Dauerspore, von denen nur einer in 5 mit einfacher Gabelung fructificirt. *b* dieselbe keimende Dauerspore, die den Austritt der Keimschläuche besser zu zeigen bei 630facher Vergrösserung gezeichnet ist. *c* eine andere ähnlich wie in *a* keimende Dauerspore. *d* dieselbe bei 630facher Vergrösserung. *e* keimende Dauerspore ohne aufgesprengtes Exosporium mit einem Keimschlauche, dessen einer Seitenzweig ohne Gabelung fructificirt. *f* normale Keimung mit einem einfachen Keimschlauche, von dessen einfacher Gabelung an der Spitze die Köpfchen mit den Sporen abgefallen sind. Die Bezeichnung der Einzelnheiten der Figuren *b*—*f* wie in *a*.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

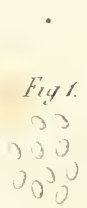
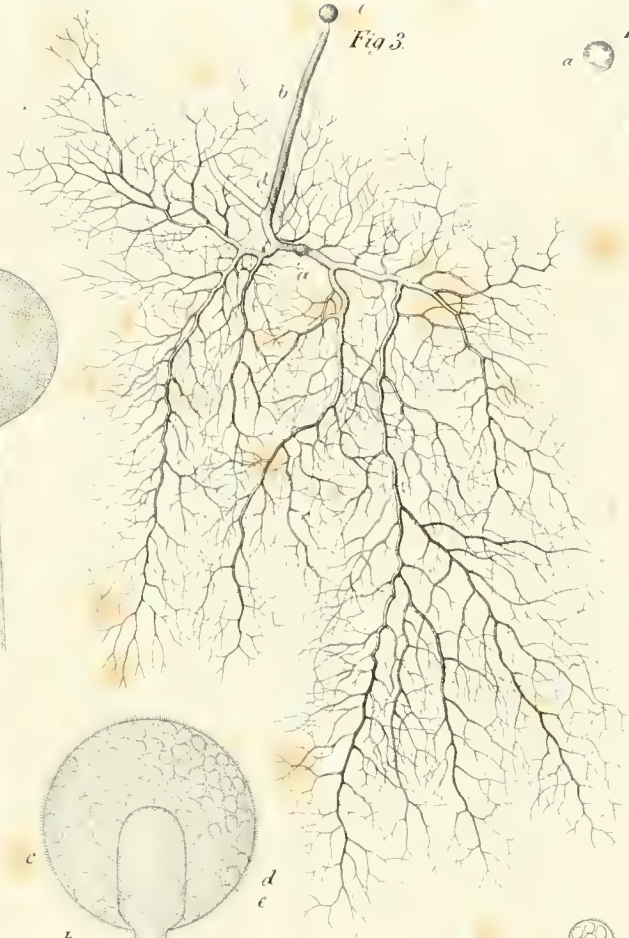


Fig 1.


f
Fig 3.
b
d
a

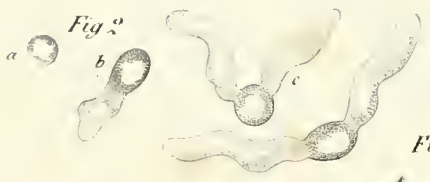


Fig 2
a
b
c

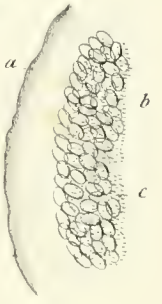


Fig 11
a
b
c

Fig 10.

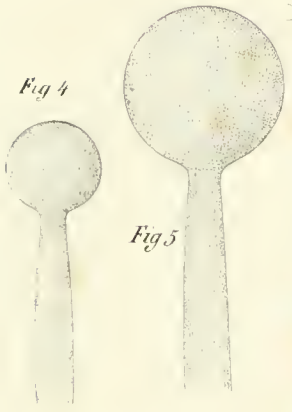


Fig 4
Fig 5

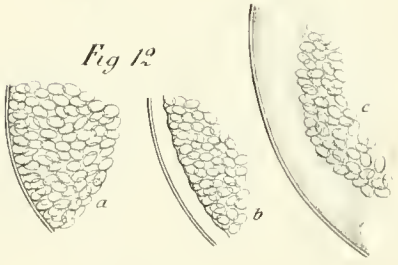


Fig 12
a
b
c

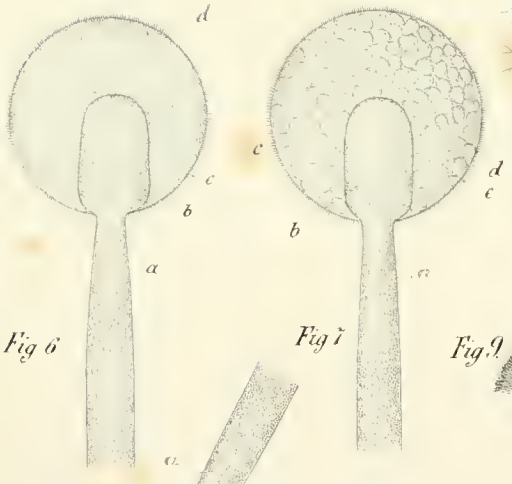

d
c
b
a
Fig 6
Fig 7
d
c
b
a

Fig 9.

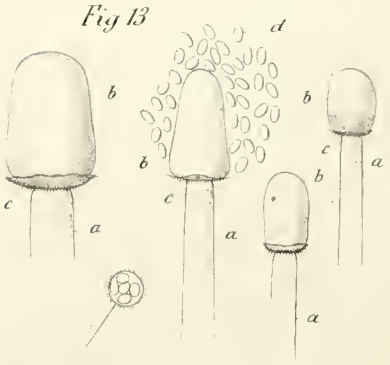
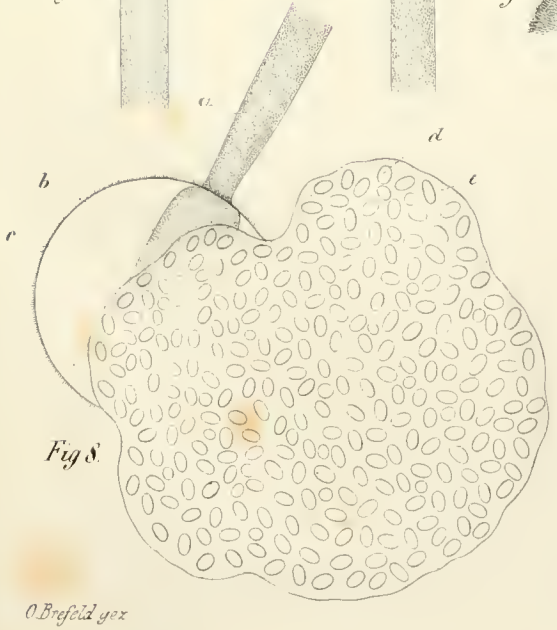


Fig 13
d
b
c
a


d
b
c
e
Fig 8.

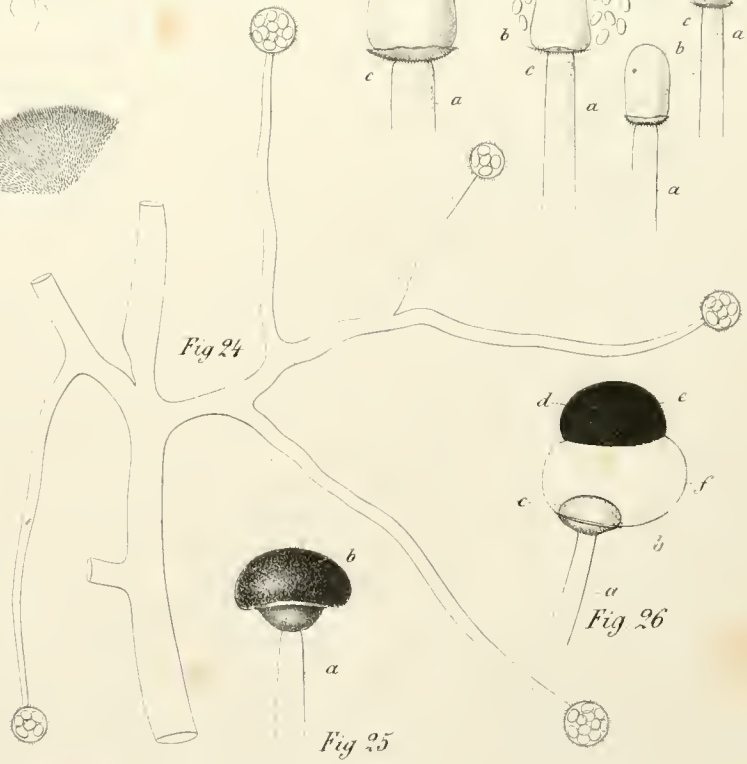


Fig 24
b
a
Fig 25

d
e
f
c
b
a
Fig 26

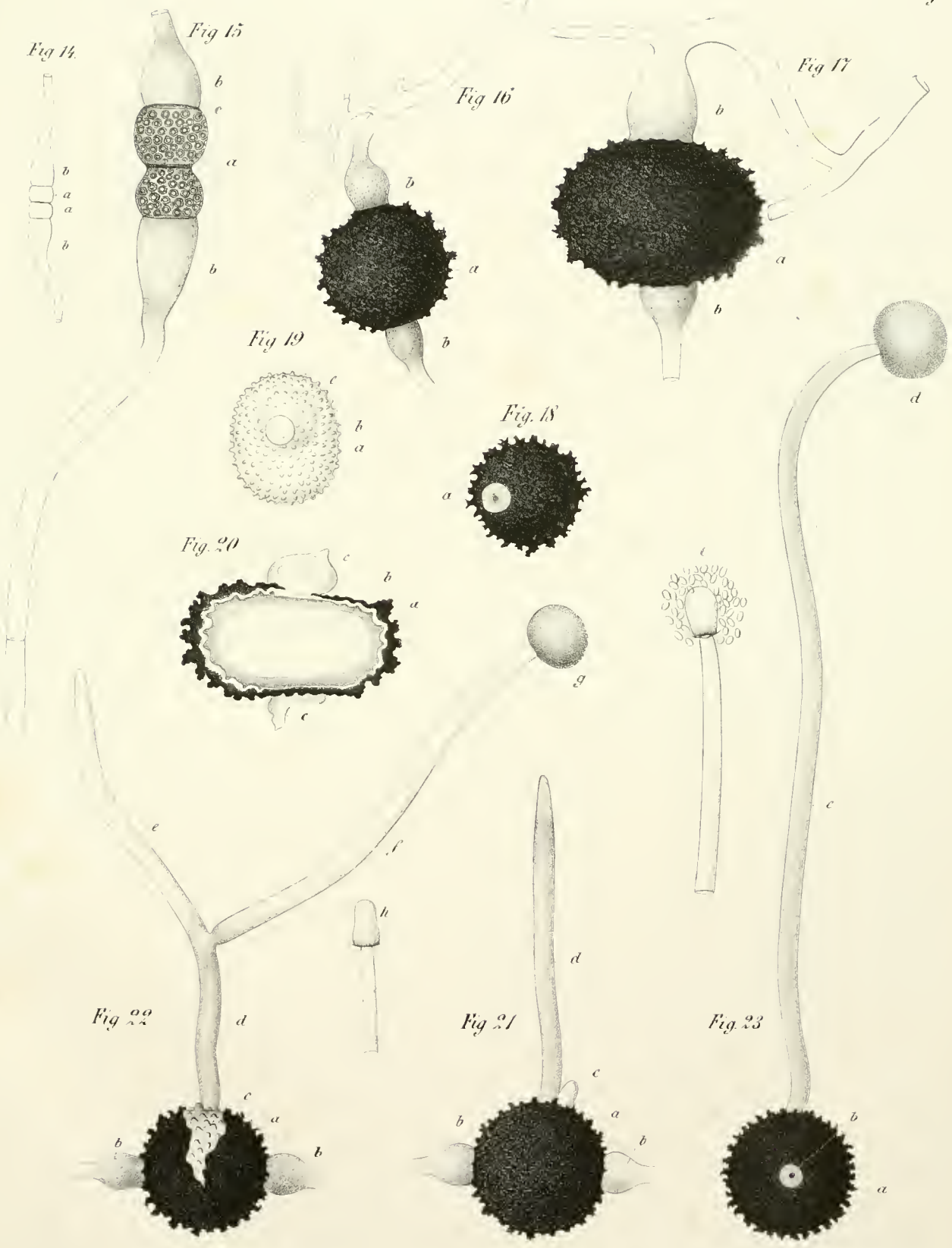


Fig 14.
b
a
a
b
Fig 15.
b
c
a
b
Fig 16.
b
a
b
Fig 17.
b
a
b
Fig 19.
c
b
a
Fig 18.
a
b
Fig 20.
c
b
a
c
d
g
e
f
h
Fig 22.
d
c
a
b
b
Fig 21.
d
c
b
a
b
Fig 23.
c
b
a

Fig 1.
Fig 2.
Fig 3.
Fig 4.
Fig 5.
Fig 6.
Fig 7.
Fig 8.
Fig 9.
Fig 10.
Fig 11.
Fig 12.
Fig 13.
Fig 14.
Fig 15.

Fig. 18
Fig. 17
Fig. 20
Fig. 21
Fig. 22
Fig. 23
Fig. 19
Fig. 24
Fig. 29
Fig. 27
Fig. 25
Fig. 26
Fig. 30
Fig. 28
Fig. 31
C.F.Schmidt lith

Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3.
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 6
Fig. 7
Fig. 8
Fig. 9
Fig. 10
Fig. 11
Fig. 12
Fig. 13.
Fig. 14
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig. 17.
O Brefeld gez
C. F. Schmidt lith.

Fig 20.
Fig 18
Fig 19
O Brefeld gez
C F Schmidt lith

BOTANISCHE UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

SCHIMMELPILZE

VON

DR. OSCAR BREFELD.

II. Heft:

Die Entwicklungsgeschichte

von

Penicillium.

Mit 8 lithographirten Tafeln.

LEIPZIG,
VERLAG VON ARTHUR FELIX.
1874.

Vorrede.

In dem ersten Hefte der Schimmelpilze, den Zygomyceten, wurde das Hauptgewicht bei den Untersuchungen auf eine Culturmethode gelegt, durch die es möglich war den Entwicklungslauf eines Pilzes von einer einzelnen Spore ausgehend mit derselben Sicherheit lückenlos zu verfolgen, wie dies bei einer grossen phanerogamischen Pflanze vom ausgesäeten Samen aus, etwa einer Eichel oder einer grossen Bohne, geschehen kann.

Für das vorliegende zweite Heft habe ich mir die Aufgabe vorbehalten mit den nunmehr nach dieser Culturmethode gewonnenen Resultaten den herrschenden Ansichten über einen besonderen Pleomorphismus bei Pilzen entgegenzutreten und durch den Nachweis der Analogie im Entwicklungsgange der Pilze mit den übrigen Abtheilungen des Pflanzenreiches die Unhaltbarkeit dieser Ansicht darzuthun.

Zugleich mit dem Pilzpleomorphismus finden zwei andere Auffassungen über Pilze hier ihre endgültige Erledigung. Die erste von ihnen betrifft die Wandelbarkeit der Pilze nach den äusseren Einflüssen des Substrates; die zweite den Mangel ausgeprägter Constanz bei den niederen Pilzen. Während diese

der ganz missverstandenen Descendenztheorie entstammte (welche sie später wiederum stützen sollte!), ist jene aus den unrichtigen Thatsachen solcher Untersuchungen gefolgert, welche ursprünglich durch den Pilzpleomorphismus angeregt wurden und dann bei befangener unklarer Fragestellung nach fehlerhafter Methode ausgeführt worden sind.

An einzelnen Stellen sind hierauf bezügliche Deductionen und andere aus der Untersuchung abgeleitete allgemeine Betrachtungen nicht in den Text verwoben, vielmehr als längere Anmerkungen unter den Text gesetzt. Es geschah dies im Interesse der Harmonie und Präcision der Darstellung, und es sei daher kurz bemerkt, dass sie nicht als blosse Anmerkungen anzusehen sind.

Würzburg, botanisches Institut im Februar 1873.

Der Verfasser.

Nachdem durch eine Reihe von mycologischen Untersuchungen[1]), von denen die drei letzten das erste Heft vorliegender Schimmelpilze ausmachen, eins der vermeintlichen Urbilder des Pleomorphismus der Pilze, der Mucor Mucedo, aus der Fülle seiner vielgestalteten Fruchtformen auf natürliche Einfachheit zurückgeführt worden ist, musste es von besonderem Interesse sein, die bei der Untersuchung angewandten Methoden an einem wichtigeren und ungleich schwierigeren Schimmelpilze neu zu prüfen. Aus jeder sorgfältigen Untersuchung ist dieser vielgeprüfte Gegenstand als ungelöstes Räthsel, aus der Fülle unreinlicher Versuche und unkritischer Beobachtungen dagegen mit einem Anhange verwandtschaftlicher Beziehungen hervorgegangen, welche, nach den später zu citirenden mycologischen Autoritäten, durch die verschiedensten Schimmelpilze hindurch bis hinab zu den niedrigsten einzelligen Organismen reichen sollen: Es ist der gemeinste aller Schimmelpilze, der pleomorphistische Rivale des Mucor Mucedo, das berüchtigte Penicillium crustaceum *Fries*, Penicillium glaucum *Link*.

---

[1]) *Brefeld*, Dictyostelium mucoroides. Abhandl. der Senkenberg. Naturf. Gesellsch. Bd. VII. Frankf. a. M. 1869. Untersuchungen über die Entwicklung der Empusa muscae und Empusa radicans. Abhandl. der Naturf. Gesellschaft zu Halle. Band XII. 1871.

Brefeld, Schimmelpilze, 1. Heft. Zygomyceten. Leipzig bei Arthur Felix. 1872.

I. Vorkommen und Verbreitung von Penicillium.

Unter den Schimmelpilzen ist Penicillium eine der auffälligsten Erscheinungen. Mit unvergleichlicher Zudringlichkeit nöthigt das kleine Wesen dem Gelehrten wie dem Laien seine lästige und unwillkommene Bekanntschaft auf. Es tritt weniger durch Grösse als durch die Fülle seines Auftretens, gehoben durch eine höchst characteristische hellblaue Farbe, vor anderen Schimmelpilzen hervor; ganz besonders aber wird es durch seine ungemeine Häufigkeit bemerkbar. Der Pilz ist überall, noch durch keine Beobachtung war es möglich die Grenzen seiner geographischen Verbreitung zu fixiren. Sein Auftreten ist von keinem Zufalle abhängig, es ist die natürliche und nothwendige Folge der Allverbreitung seiner winzig kleinen Conidiensporen, die er in überschwenglicher Fülle hervorzubringen vermag. Die Sporen verbreiten sich mit Leichtigkeit durch die Luft, senken sich hier bei Windstille als Bestandtheil des Staubes auf den Boden nieder, werden dort durch atmosphärische Niederschläge, durch Regen etc. der Erde zugeführt, von wo sie trocken geworden der leiseste Luftzug wieder emporwirbelt und weiterführt, wenn etwa der Ort der ersten Niederlassung eine Ansiedelung durch Keimung nicht ermöglicht. So verschafft sich der Pilz aller Orten Zutritt, er ist unvermeidlich wie die Luft, durch die er sich verbreitet. Draussen im Freien lebt er auf jeder der natürlichen Zersetzung anheim gefallenen organischen Substanz und ganz besonders dienen ihm die absterbenden Leiber der mächtigen Hutpilze zur Nahrung. — In unseren Wohnungen ist er eine wahre Plage. Rohe und zubereitete Nahrungsmittel sind seinen zerstörenden Einflüssen ausgesetzt. Er verschimmelt den Käse, das Brod, frische und eingemachte Früchte etc., und gar

vielfältig sind die Schutzmittel und Methoden, die man anwendet ihn abzuhalten und zu bekämpfen. Er allein ist die Ursache mancher unserer Lebenseinrichtungen, und gegen ihn müssen oft weitläufige und lästige Vorkehrungen bei Expeditionen und Feldzügen getroffen werden um Brod, Mehl und andere Nahrungsmittel vor dem Verderben resp. dem Verschimmeln zu schützen.

Zur Noth vermag sich der Pilz mit der kärglichsten Nahrung zu behelfen, die jedem nobler gearteten Pilze zu schlecht ist. Er lebt im Ohre der Menschen, er verschmäht nicht abgelegte Kleider, nicht den feucht stehenden Stiefel und die eintrocknende Dinte. Bald begnügt er sich in Lösungen von Zucker mit minimalen Quanitäten anorganischer Nahrung, bald hat es den Anschein, als ob er selbst den reinsten Salzlösungen noch einen verborgenen Gehalt organischer Substanz abzugewinnen vermöchte. Selbst die schädlichen Einflüsse giftiger Lösungen von schwefelsaurem Kupfer und arseniger Säure vermag er zu ertragen. — Kein Wunder, wenn man diesen kleinen Pilz den Kampf ums Dasein bei so glänzender natürlicher Ausrüstung überall siegreich bestehen, wenn man ihn in edler Unverschämtheit all' seine Genossen verdrängen sieht, die einen günstigen Boden zur Ansiedelung mit ihm zu theilen bestrebt sind. In dem natürlichen Verlaufe einer spontanen oder künstlichen Schimmelcultur wiederholt sich stets dasselbe Schauspiel. Zuerst erscheinen die stolzen Geschlechter der Schimmelpilze, die hochstämmigen Mucorinen und ihre Verwandten. Sie verdanken allein einer schnelleren Vegetation ihre Fruchtbildung. Zwischen ihnen erscheint mit dem dritten bis vierten Tage Penicillium zuerst harmlos und bescheiden in Gestalt höchst zarter weisser Flockchen, vereinzelte in die Luft führende Fäden des Mycelium. Dieses wächst nach allen Richtungen mit fabelhafter Schnelligkeit zu grösseren Rasen heran, die sich bald gegenseitig erreichen und so das ganze Substrat überziehen. Doch noch ehe dies geschieht, werden für die Regel in der Mitte jedes Rasens nicht höher wie eine halbe Linie vom Substrat kleine alabasterweisse dichte Häufchen bemerkbar, die mit gleicher Schnelligkeit wie der zart flockige Rasen nach Aussen auf dem Substrate, hier in dem Rasen selbst an Terrain gewinnen; sie sind die ungeschlechtlichen sporenabschnürenden Fruchtträger des Penicillium. Wiederum von der Mitte dieses letzten Häufchens aus, also genau im Centrum des Ganzen, beginnt dann eine Aenderung der weissen Farbe in's Bläuliche bis hinauf zum Farbenton des Himmels; hierdurch wird die Reife der abgeschnürten Sporen der Fruchtträger gekennzeichnet. Die blaue

Farbe schreitet centrifugal in dem Häufchen voran, in dem Maasse als dieses seinen Kreis grösser beschreibt und so entsteht allmählich ein blauer Haufen mit weissem Rande. Gar bald verschwindet das zarte Weiss des Rasens unter den sich deckenden weissen Rändern des Haufens, und indem endlich auch die Ränder sich bläuen, wird das ganze Substrat meist nach 7—10 Tagen von der dichtesten blauen Decke verhüllt, von der bei jeder leichten Erschütterung ganze Wolken von Sporen aufsteigen. Erst mit dem völligen Verzehr des Substrates geht die Cultur des Penicillium zu Ende; jede Mitbewerbung anderer Fadenpilze um das Substrat ist während der Dauer der Vegetation von selbst ausgeschlossen, ebenso ist eine nachträgliche Entwicklung derselben auf dem erschöpften, geradezu zerstörten Nährboden eine Unmöglichkeit. Penicillium ist der plebejische Herrscher unter den Schimmelpilzen, der Schimmel par excellence, den jeder selbstverständlich meint, wenn er von Schimmel spricht.

II. Zusammenstellung der Literatur über Penicillium.

Wohl ohne Zweifel war das Penicillium lange vorher allgemein bekannt, ehe es eine wissenschaftliche Beachtung finden konnte. Wegen seiner Kleinheit war dies selbstverständlich nicht früher möglich, als stärker vergrössernde Instrumente zu seiner Untersuchung verwendet werden konnten. Es geschah zuerst von *Micheli*[1] im Jahre 1729. Er gibt auf Taf. 91, Fig. 3 eine durchaus getreue Abbildung von Penicillium, das er Aspergillus albus nennt. Von besonderem Interesse ist die hier richtige Unterscheidung von dem äusserlich ähnlichen Aspergillus glaucus, der in der Fig. 1 auf den ersten Blick zu erkennen ist. *Micheli* fasst Penicillium (Aspergillus albus) nebst anderen ganz heterogenen Schimmelpilzen zu seinem Genus Mucor zusammen. Dasselbe geschah von *Linné*[2] 35 Jahre später, der Penicillium als Mucor crustaceus albus aufführt. *Persoon*[3] beschreibt im Jahre 1801 einen Pilz, den er Monilia digitata nennt, der aber ohne Zweifel Penicillium ist. Erst *Link*[4] erkannte in Penicillium mit Sicherheit eine neue Pilzgattung und er ist der Autor des Namens, der jetzt allgemein gebräuchlich ist. Er unterschied Penicillium scharf von dem ähnlichen Aspergillus und stellt beide einander gegenüber:

---

[1] *Micheli*, nova plantarum genera juxta Tournefortii methodum disposita. Florentiae 1729. Taf. 91, Fig. 3.

[2] *Linné*, Species plantarum, II. Jahrg. 1764, Editio tertia. S. 1656. Flora suec. p. 1118; 1283.

[3] *Persoon*. Synopsis methodica fungorum. Göttingen 1801. S. 693.

[4] *Link*, Magazin der naturforschenden Freunde in Berlin. III. Jahrgang 1809. Observationes in ordines plantarum naturales. Dissertatio prima, pag. 16 und 17.

Aspergillus: Tellus e floccis caespitosis septatis, simplicibus aut ramosis apice clavatis. Sporidia in apicibus capitula formant.

Penicillium: Tellus e floccis caespitosis septatis simplicibus aut ramosis, fertilibus erectis apice penicillatis. Sporidia in apicibus penicillatis collecta.

Des letzteren Unterschied von Aspergillus wird folgender Weise treffend hervorgehoben:

Affine genus praecedenti, primo intuitu et habitu simile at apicibus vere penicillatis satis superque differt. Cave tamen, ne sporidia seriata Aspergillorum cum hisce penicillis confundas. Flocci plerumque teneri albi; sporidia minuta globosa alba; dum vero maturescunt atrum saepe induunt colorem.

Den von *Linné* gegebenen Speciesnamen »crustaceum« ersetzt *Link* durch glaucum.

Penicillium glaucum: Floccis simplicibus; caespitibus effusis, floccis albis, capitulis sporidiisque demum glaucis.

Die Abbildung, die *Link* von Penicillium gibt, ist in der Verzweigung zwar unähnlich, doch durch den Mangel des Köpfchens von Aspergillus hinreichend gekennzeichnet.

Fries[1] führt zuerst 1829 den *Linné*'schen Artnamen wieder ein und stellt später 1846 Penicillium zu den Mucedines im Gegensatze zu den Mucorinei. Er characterisirt Penicillium: Sporae in floccos moniliformi-concatenatae in ramulis floccorum apice penicillatorum. Bei Penicillium crustaceum (*L.*) bemerkt er: facillimum est observatu huius transitum in Coremium. Nostras de hoc genere observationes confirmavit *Berkeley*.

Noch finden sich Beschreibungen des Penicillium bei *Bolton*[2], *Corda*[3], *Bonorden*[4] und *Meyen*[5], die nichts Neues hinzubringen. Die Abbildung, die *Corda* Taf. VI, Fig. 280 und 281 von Penicillium gibt, ist ungetreu, indem alle Basidien auf derselben Höhe entspringen, sie steht im Gegensatze zu den getreuen Bildern von *Bolton*, *Bonorden*, Taf. III, Fig. 80 und *Meyen*, Taf. X, Fig. 20 u. 21.

---

[1] *Fries*, Systema mycologicum. III. 1829. Summa vegetabilium. Upsaliae 1846.

[2] *Bolton*, Geschichte der merkwürdigsten Pilze. III. Theil 1820. p. 67. Taf. 132. Fig. 2.

[3] *Corda*, Icones fungorum. I. p. 21.

[4] *Bonorden*, Handbuch der allgemeinen Mycologie. Stuttgart 1851.

[5] *Meyen*, Pflanzenphysiologie. III. Bd. Berlin 1839.

Endlich wäre noch der Beschreibung einiger Formen von Penicillium-Fruchtträgern durch *Fresenius*[1]) zu gedenken, denen er die Bemerkung beifügt, dass wegen der Gleichheit der Sporen Abtrennungen von Species innerhalb des Formenkreises nicht gerechtfertigt seien.

Den blossen Beschreibungen der Fruchtträger von Penicillium zum Zwecke seiner systematischen Unterscheidung von anderen Schimmeln, wie sie sich bei den älteren Autoren finden, folgt im Jahre 1869 eine Untersuchung von *E. Loew*,[2] die neben Einzelnheiten über die Keimung der Sporen und das Wachsthum des Mycelium eine detaillirte Schilderung der Entwickelung des Fruchtträgers mit seinen Sporen gibt. Ich will das Ergebniss dieser Arbeit aus sachlichen Gründen an dieser Stelle mittheilen, dem chronologischen Gange um eine kurze Strecke vorgreifend. — Bei der Keimung wird nach *Loew* die Aussenhaut der Conidie zerrissen und ein Theil der Innenhaut wächst zum Keimschlauche aus. Die mitunter nach drei Richtungen aus der Spore austretenden Keimschläuche wachsen zu verzweigten Fäden aus, die von Scheidewänden durchsetzt sind. Die Fäden wachsen nur an der Spitze, indem die Endzelle sich theilt. Die Fruchthyphe entsteht als laterale Aussackung einer Myceliumzelle oder als directe Fortsetzung einer Zweighyphe, einen einfachen mit apicalem Wachsthum begabten, durch Wände gegliederten Zellfaden darstellend. Mit dem Stillstande des Längenwachsthums beginnt die Conidienbildung. Dieser geht das Auftreten von Seitenzweigen voraus. Dieselben bilden sich als seitliche der oberen Querwand der Zellen benachbarte Aussackungen der obersten Zellen der einfachen Fruchthyphe; sie bilden sich an den unteren Zellen eher als an den oberen. Jeder Seitenzweig verhält sich wie eine Primärhyphe; auch an ihm treten die Tertiärzweige in centripetaler Reihenfolge auf. Fast zu gleicher Zeit mit dem Auftreten der Seitensprossen beginnt die Anlage der Basidie am Gipfel der Primäraxe. Sie tritt hier als terminales Knöpfchen auf, welches sich zu einem eiförmigen, mit verschmälerter Basis der Gipfelzelle des Stieles aufsitzenden Körper streckt. Aus der Basidie geht durch eine zweite Aussprossung das stielartig verengte Sterigma hervor, dessen oberer Theil sich kugelig erweitert und zur ersten Spore wird. Unter der ersten

[1]) *Fresenius*, Beiträge zur Mycologie. 3. Heft. S. 84.

[2]) *Loew*, Zur Entwickelungsgeschichte von Penicillium. Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik von *N. Pringsheim*. Band VII. S. 472 bis 510.

Spore bildet sich nun aus dem Sterigma die zweite, zuletzt ist eine einfache unverästelte Sporenkette vorhanden, durch succedane Abschnürung entstanden. Die oberste erste Conidie ist die grösste, nach unten zu findet eine allmähliche Grössenabnahme der Sporen statt. Die Sporen sind durch Membranbrücken in Zusammenhang gehalten; man muss die Annahme machen, dass dies durch eine Membran geschieht, die alle Sporen überzieht, die aber wegen ihrer Zartheit von der Aussenhaut der einzelnen Sporen nicht optisch zu unterscheiden ist. Bis zur Sporenbildung steht jede jüngere Zelle über der älteren, von der Sporenbildung an umgekehrt. — An jedem Zweige wie auch an der Hauptaxe wird die Gipfelspore zuerst gebildet. Wenn die Hauptaxe die Sporenbildung begonnen hat, werden an den Secundärzweigen noch neue Zweiganlagen gebildet. Der unterste Seitenzweig ist der entwickeltste, er besitzt die meisten Seitenzweige 2. Ordnung.

Mit dieser Arbeit von *Loew* ist die Literatur über Penicillium, soweit sie die Kenntniss des ungeschlechtlichen Fruchtträgers, die Keimung seiner Sporen und die Mycelbildung aus ihnen betrifft, im Wesentlichen erschöpft.

Nach den mycologischen Kenntnissen und Anschauungen früherer Zeit konnte es kaum wahrscheinlich erscheinen, durch abermalige Untersuchung Neues, für die systematische Stellung des Penicillium Verwendbares zu finden. In der grossen Familie der Schimmel »Mucedines« war ihm der Rang einer Gattung anerkannter Maassen zu Theil geworden, und innerhalb dieser Familie war eine durchgehende Scheidung nach bestimmten Prinzipien, wie sie später eintrat, noch nicht möglich, weil eben diese leitenden Prinzipien erst gewonnen werden mussten.

Es bedurfte einer neuen Idee, die Untersuchung von Penicillium nach ganz anderer Richtung, als die bisherige war, wieder aufzunehmen. Sie wurde im Jahre 1851 durch *Tulasne*[1]) gegeben. *Tulasne* fand nämlich, dass ein und derselbe Pilz mit ganz verschiedenen Fruchtformen auftreten könne, Formen, die man bisher nach ihrer grossen Verschiedenheit als selbständige Gattungen angesehen hatte. *Tulasne's* eigene und namentlich *de Bary's*[2])

[1]) *Tulasne*, Cpt. rend. 24 et 31 Mars; Ann. sc. nat. XV.

[2]) *de Bary*, Untersuchungen über die Brandpilze. Berlin 1853. Ueber Eurotium und Aspergillus. Bot. Zeitung 1854, p. 425. Dies sind die ersten Arbeiten *de Bary's*, denen sich bis 1870 so viele anschliessen, dass ich sie nicht anführen kann.

Untersuchungen wiesen nun bald nach, dass die Pleomorphie der Reproductionsorgane bei den Pilzen eine fast allgemeine Geltung habe.

Für die Untersuchung der Pilze, auch der bekanntesten, war nun ein ganz neuer Gesichtspunkt gewonnen. Es handelte sich darum für jeden Pilz durch vorsichtige entwicklungsgeschichtliche Untersuchung den Formenkreis und den Entwicklungscyclus d. h. die Reihenfolge der Fruchtformen festzustellen, in welcher er nach vorhandenenen Analogien ein Glied sein musste.

In diesem Sinne wurde Penicillium, als der verbreitetste Pilz, bald ein Opfer neuer Untersuchungen.

Die Aufgabe, welche sich die Mycologen stellten, lautete einfach nach dem weiteren genetischen Zusammenhange des Penicillium, nach der Auffindung seiner übrigen Fruchtformen.

Die Resultate, die hier gewonnen wurden, sind sehr zahlreich, sie bilden einen besonderen Abschnitt der Literatur des Penicillium für sich und sind darum in Nachfolgendem getrennt und möglichst kurz zusammengefasst. Nach zwei Richtungen, die ich nach einander folgen lassen werde, weichen sie durchaus von einander ab. Auf der einen Seite fand man einen bis jetzt noch nicht begrenzten genetischen Zusammenhang, auf der anderen Seite war das Ergebniss ein negatives, es konnte ein Zusammenhang mit anderen bis jetzt bekannten Pilzen nicht nachgewiesen werden.

Im Jahre 1856 fand zuerst *Bail*[1]), dass die Samen von Penicillium in Maische hefeartig aussprossten, statt wie sonst ein fadiges Mycelium zu bilden. Auf der Königsberger Versammlung suchte *Bail*[2]) wenige Jahre später ausführliche Beweise beizubringen, dass diese Aussprossungen der Penicilliumsporen in Maische als gährungsfähige Hefe aufzufassen seien.

Bald nach *Bail* züchtete auch *Hoffmann*[3]) aus Penicillium Hefe, indem er eine Portion Penicillium in eine gährungsfähige Lösung brachte, und durch vorsichtigen Abschluss des Culturgefässes verhinderte, dass nachträglich Hefekeime

---

[1]) *Bail*, Ueber Hefe. Flora 1857.

[2]) *Bail*, 35. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Königsberg 1861. Amtlicher Bericht.

[3]) *Hoffmann*, Botanische Zeitung 1860. S. 42, 43, 44.

hineinkamen. Nach einigen bis 14 Tagen gährte die Flüssigkeit und es fand sich Hefe darin vor, die aus dem versenkten Penicillium entstanden sein musste. Umgekehrt wurde aus der so erzeugten Hefe durch ein glücklich hergestelltes Verhältniss bezüglich des Feuchtigkeitsgrades der Cultur wieder Penicillium gezüchtet und neben diesem Mucor Mucedo und Oidium lactis, und zwar gingen diese Schimmel aus der Hefe hervor, wenn sie auf feuchtem Nährboden statt in Flüssigkeit ausgebreitet wurde. Diese im Jahre 1860 durch vereinzelte Beobachtung gewonnenen Resultate wurden fünf Jahre später[1] durch zahlreichere und ausführlichere Versuche bestätigt.

Auch französische und englische Botaniker waren nach gleicher Richtung wie die genannten deutschen thätig; ihre Ergebnisse sind wesentlich ähnliche und gleiche. Es gebührt *Turpin*[2] das negative Verdienst der ersten erfolgreichen Beobachtung, die aus dem Jahre 1838 stammt. Ich will sie wörtlich anführen: »Les végétaux infusoires, qui résultent de la germination des globules séminulifères des levures restent incomplets tant qu'ils sont plongés dans l'épaisseur du liquide. Ils ne s'achèvent, ils ne se terminent que lorsqu'ils peuvent s'élever au dessus de la surface du liquide et lorsqu'ils parviennent à se mettre en communication avec l'oxygène etc. — En cet état, veritables seminules vesiculaires, ils germent, s'allongent et végètent en une mucédinée dont le dernier terme de développement décèle un Penicillium glaucum.

Berkeley[3] fasst die Hefe als einen eigenthümlichen Zustand gewisser Schimmelpilze auf, namentlich des Penicillium, die auf unendliche Generationen ihrer Fruchtbildung beraubt sind. Er beobachtete dann die Auskeimung der Hefezelle zu Penicillium.

In Uebereinstimmung mit diesen Beobachtungen befinden sich die Angaben von *Joly* und *Mousset*[4]: sie bezeichnen Penicillium als die Fruchtform der Hefe.

Auch *Pouchet*[5] sieht die Hefe als eine unvollständige Pflanze an und zwar als Sporen von Aspergillus. Drei Jahre später sagt er in einer ausführlichen

---

[1] *Hoffmann*, Botanische Zeitung 1865, S. 348.

[2] *Berkeley*, Introduct. t. Crypt. Botany 1857, p. 299.

[3] *Turpin*, Mémoir. de l'Acad. XVII 141.

[4] *Joly* und *Mousset*, Cpt. rend. 1861, LIII 368.

[5] *Pouchet*, Cpt. rend. 1861. LII 288, ferner nouvelles expériences sur la génération spontanée et sur la résistence vitale. Paris, Masson 1864.

Abhandlung, dass die Hefe kein einzelliger Organismus sei, dass sie nur spontan entstandene Sporen darstelle, die durch Keimung Penicillium hervorbringen.

Die Arbeiten *Trécul's* aus den Jahren 1868 und 69[1a]) über die Bierhefe bringen neue thatsächliche Bestätigungen über den Zusammenhang der Hefe mit Penicillium. Nach *Trécul* sind Penicillium, Mycoderma und Torula die verschiedenen Formen ein und derselben Species. — Im Jahre 1871[1b]) führt *Trécul* Penicillium auf Urzeugung zurück in folgender Weise: Eiweissartige Materie verwandelt sich in Bacterien oder direct in Bierhefe und Mycoderma, oder die Bacterien verwandeln sich in Milchsäureferment, indem sie unbeweglich werden. Milchsäureferment verwandelt sich in Hefe, diese in Mycoderma, welche schliesslich in Penicillium übergeht[2]).

Die bisher befolgten Culturmethoden kamen durch *Hoffmann's* Erfindung eines Culturapparates in ein neues Fahrwasser. Es ist dies die Dunströhre zur Reincultur[3]), sie spielt fortan in des genannten Mycologen zahlreichen Arbeiten eine Hauptrolle. Die ersten Resultate aus der Dunströhre finden sich von *Hoffmann*[4]) kurz angegeben in einer Abhandlung »Zur Naturgeschichte der Hefe«, vornehmlich aber Botanische Zeitung 1865, S. 348. Hiernach ist die Hefe ein typisch einzelliger Pilz, eine besondere Vegetationsform des Myceliums von Penicillium glaucum, seltener Mucor racemosus, bisweilen beider zugleich und auch noch anderer Schimmelpilze, welche man mit Sicherheit daraus erziehen und auch rückwärts in dieselbe Hefe verwandeln kann. Für die Fructification der Gährungspilze in der Form von Penicillium etc. ist der Luftzutritt wesentlich. Auf einer Tafel fig. 9 und 19 stellt *Hoffmann* den Zusammenhang von Hefe mit nicht näher benannten und untersuchten Schimmelpilzen dar, der ihm als Beweis gilt und auf den er sich später mehrfach beruft.

[1a]) *Trécul*, Compt. rend. 1868, LII 476, ferner Ann. sc. nat. Botan. V, sér. X Br. S. 39.

[1b]) *Trécul*, Compt. rend. 1871, LXXIII, p. 1453—1460.

[2]) Nach der Darstellung dieser Urzeugung von *Trécul* ist zu schliessen, dass das urgezogene Penicillium etwa in acht Tagen fertig war. — Wir werden später sehen, dass Penicillium ein trüffelähnlicher Pilz ist. Nach *Trécul's* Auffassung müsste also in acht Tagen ein Trüffelpilz durch Urzeugung noch heutzutage entstehen, eine Auffassung, nach welcher man mit gleichem Rechte annehmen kann, dass in sechs Wochen ein Eichbaum durch Urzeugung entsteht.

[3]) Beschreibungen des Apparates von *Hoffmann* finden sich: Compt. rendus 1865, LX No. 13, p. 633, ferner *Dingler's* polytechn. Journal 1865, H. 3, p. 241, Botanische Zeitung 1865, und mycologische Berichte p. 348 u. 349.

[4]) *Hoffmann*, Botanische Untersuchungen. Herausgegeben von *H. Karsten* 1866.

Diesen Erfolgen *Hoffmann's* gehen ähnliche von *Bail*[1]) parallel, die im Jahre 1867 zur Mittheilung gekommen sind. *Bail* züchtet aus Penicillium und Mucor Hefe, die Sporen dieser Pilze treiben in Bierwürze versenkt nicht Keimschläuche, sondern sprossen zu gährungsfähiger Hefe aus. Nur unter Wasser bilden die Pilze Hefe, auf diesem resp. der Culturflüssigkeit entstehen Mycelien und Fruchtträger. Nach *Bail* bekommen die Fliegen wenn sie Hefe, die also aus Penicillium etc. entsteht, gefressen haben, die Empusa-Krankheit, aus der Empusa geht, wenn die Fliege ganz unter Wasser getaucht ist, Achlya hervor, wenn sie nur auf Wasser schwimmt, an der der Luft ausgesetzten Seite aber Mucor, welcher wiederum nach einer Versenkung in Bierwürze zu Hefe aussprosst.

Die bisher genannten Mycologen wurden bald förmlich in Schatten gestellt durch das, was *Hallier* im Gebiete des Pleomorphismus der Pilze leistete. Nur aus seinen ersten Arbeiten auf diesem Felde seien hier einige Punkte erwähnt, weil weitere Untersuchungen von anderer Seite daran anknüpfen; ein Theil der übrigen Arbeiten findet sich unten[2]) vermerkt. Vor dem Gebrauche dieser Schriften ist denen, die in der Mycologie nicht bewandert sind, vornehmlich Medicinern, dringend anzurathen, die Botanische Zeitung[3]) 1868, No. 18 zu lesen. Nach *Hallier*[4]) wächst auf dem nämlichen Nährboden aus Penicillium nur Penicillium und es ist klar, dass wenn es andere Fruchtformen gibt, diese unter ganz anderen Bedingungen entstehen müssen. Auf feuchtem Brod bildet sich aus Penicillium Mucor, auf Milch Lepthotrix und aus dieser Hefe. Die Entwicklungs-

---

[1]) *Bail*, Mittheilungen über das Vorkommen und die Entwicklung einiger Pilzformen. Danzig 1867.

[2]) Die pflanzlichen Parasiten des menschlichen Körpers. Leipzig 1866.

Mycologische Untersuchungen; landwirthschaftliche Versuchsstation von *Nobbe* 1866.

Phytopathologie. Leipzig 1868.

Parasitologische Untersuchungen. Leipzig 1868.

Jahrb. zur Beförderung des Seidenbaues in Brandenburg. Potsdam 1868. Seit dem Jahre 1869 Zeitschrift für Parasitenkunde. Jena 1869.

Pilzregulativ, Gesundheitsregeln für Jedermann insbesondere für die Verpflegung der Verwundten, für Lazarethe etc. Nach eigenen Erfahrungen mitgetheilt. Jena 1870.

[3]) Zur Beurtheilung der Pilzschriften des Herrn *Hallier*. S. 294—297.

[4]) Botanische Zeitung 1866. Zur Entwicklungsgeschichte von Penicillium crustaceum *Fries* und zur Theorie der Hefebildung. Botanische Zeitung 1866. Weitere Mittheilungen über Penicillium und Mucor. S. 60.

Flora S. 193—203, 1865. Beobachtungen über einen Gährungsprozess in der Mund- und Rachenhöhle des Menschen

geschichte schmilzt die Gattung Mucor und Penicillium zusammen und gibt ausserdem fünf Pilzgattungen den Todesstoss, nämlich: Achorion, Lepthotrix, Hormiscium, Cryptococcus und Trichophyton. Dann werden nach den verschiedenen Substraten acht Vegetationsreihen aus Penicillium abgeleitet, deren Anführung unnöthig ist. Werden die Sporen von Penicillium in Wasser gebracht, so platzen sie und entlassen ihren körnigen Inhalt in Gestalt kleiner Schwärmer (Micrococcus, Bacterien), welche zur Ruhe gekommen durch fortgesetzte Quertheilung eine zarte Kette, einen einfachen Gliederfaden bilden. — (Aehnliche Beobachtungen, wornach Bacterien und Hefe einem und demselben Entwicklungskreise angehören, sind auch von *Karsten*, *Lüders* und *Huxley* gemacht worden.) In der Mund- und Rachenhöhle des Menschen verursacht Penicillium in veränderter Form einen Gährungsprozess und Entzündung. Der Favus-Pilz ist nur eine besondere Form des Penicillium.

Auch *Wiesner*[1]) gibt an im Grossen das Hervorwachsen von Schimmelpilzen aus Hefe gesehen zu haben; die weggeworfene Hefe einer Brauerei überzog sich mit grünem Rasen von Penicillium glaucum oder mit einem weissgrauen Filze von Mucor.

Im Jahre 1867 fand sich *Bail* veranlasst die Hauptgebiete seiner entwicklungsgeschichtlichen Arbeiten zusammenzufassen[2]). Was darin Neues ist, findet sich in einem Vortrage der Naturforscherversammlung 1867 in Frankfurt[3]). Hiernach überschreitet die Wandelbarkeit der niederen Pilze (je nach dem Substrate), wenn sie auch keine unbeschränkte ist, dennoch die bisher für möglich gehaltenen Grenzen. Auf S. 5 und Fig. 21 der beigegebenen Tafel beschreibt und bildet *Bail* den directen Zusammenhang von Mucor mit Penicillium ab, in Fig. 22 den Uebergang des Penicillium in Aspergillus (eine neue Zierde in dem oben genannten Cyclus). Auf der nächstjährigen Versammlung in Dresden[4]) machte *Bail* weitere Mittheilungen über Pilzverwandlungen. Er hat von Neuem

---

[1]) *Wiesner*, Einleitung in die Mikroskopie 1867, S. 161.

[2]) *Bail*, Ueber die Hauptgebiete seiner entwicklungsgeschichtlichen Arbeiten. Hedwigia No. 12, 1867.

[3]) *Bail*, Ueber Mycologie, Vortrag gehalten in der allgemeinen Sitzung der Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte am 20. September 1867 (mit einer Tafel).

[4]) *Bail*, Mittheilungen über Pilzverwandlungen, Vortrag gehalten auf der Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Dresden 1868.

den Uebergang von Mucor in Penicillium sichergestellt, den umgekehrten Vorgang wahrscheinlich gemacht: doch stellt er den Zusammenhang von Hefe mit Micrococcus in Abrede.

Im Jahre 1869 bildet *Bail*[1] in den Pilzepizootien den Uebergang von Penicillium in Mucor ab Fig. 15, der hiernach zur höchsten Wahrscheinlichkeit gekommen ist.

Inzwischen hat *Hoffmann*[2] neue Beobachtungen im Dunstrohr gemacht, die er 1869 in der Botanischen Zeitung zur Kenntniss bringt. Er bildet eine vielgestaltige und gleichartige Keimung von Penicillium ab. Die Endogonidien keimen mit Abwerfung der Schale. Aus Hefesediment werden Mucor Mucedo und Penicillium glaucum mit normaler Fructification wiederhergestellt. Die hierfür verwendete Hefe stammte aus dem Mycel von Oidium lactis und ähnlichen Mycelformen, die auch aus hefeartig abgeschnürten Conidien bestanden, die in der sauren Lösung nicht in activer Sprossung waren, ohne Sporen von Penicillium und Mucor. — Mit einer grossen Wolke von Mycelium, welches nur vereinzelt Pinselsporen von Penicillium, dagegen keine hefeartigen Conidien erkennen liess, erregte *Hoffmann* Gährung. Die Gasblasen kamen nicht aus dem Mycel und nach der Gährung war gewöhnliche Hefe und Kugelhefe vorhanden, identisch mit der aus Mucor gezüchteten. An dem Mycel trat also bei Luftabschluss die Conidienbildung oder Hefeabschnürung nachträglich ein. Hier ist daher ein Fall, wo die Gährung ausschliesslich an die besondere Form des Myceliums, die Conidienabschnürung und Sprossung gebunden ist. So erregt die Pflanze unter veränderten Umständen einmal Gährung und einmal nicht. Penicillium bildet die gewöhnlichen Fruchthyphen mit den Sporenketten ausschliesslich an der Luft (in seltenen Fällen bei geringer Versenkung in Flüssigkeit) und jedenfalls nicht ohne Sauerstoffzutritt, nicht in Kohlensäure: während die Conidien des Myceliums »als Hefe« auch bei völligem Luftausschluss und in Kohlensäure vortrefflich gedeihen. Auch keimen die Sporen von Penicillium nicht bei absolutem Luftabschluss in Wasser unter Deckglas eingekittet. Also anscheinend ganz verschiedenes Verhalten je nach der Vegetationsform und dem Medium.

---

[1] *Bail*, Ueber Pilzepizootien der forstverheerenden Raupen. Danzig 1869 (mit einer Tafel).

[2] *Hoffmann*, Ueber Bacterien. Botanische Zeitung 1869 (mit einer Tafel), dieselbe Abhandlung übersetzt und abgedruckt Ann. sc. nat. 1869. XI. No. 1.

(Das hier Gesagte gilt in noch höherem Grade von Mucor.) Auf einem Kartoffelabschnitte setzt die Hefe durch mehrere Tage die Sprossung und Conidienbildung ohne Myceleinschiebung fort, ehe sie an die Bildung von Mycelfäden und Fruchthyphen geht. Dies beobachtete *Hoffmann* wochenlang. — Die Hefe ist eine Form der Conidienabschnürung, so tritt sie bei Mucor und ebenso beim Penicillium am Mycel hervor. Die Pinselsporen des Penicillium sind sozusagen nur eine Luftform der Hefeconidien, die Hefe eine Wasserform der gewöhnlichen Luftconidien also der Pinselsporen. Die von Hoffmann aus Bierhefe gezüchteten Pilzformen sind folgende: Penicillium glaucum, Mucor racemosus und Mucor Mucedo, Oidium lactis, Acrostalagmus cinnabarinus, Sporotrichum murinum und candidum, Polyactis vulgaris. Hierzu kommen noch auf abgekochtem Schafkoth: Sporotrichum spec. Cephalosporium Acremonium, Sporocybe byssoides; auf Kartoffeln Monas crepusculum und Bacterium mit und ohne Penicillium. Umgekehrt züchtete *Hoffmann* Hefe aus vielen Schimmeln: Penicillium, Mucor, Botrytis polymorpha etc. Neuerdings aus Weinhefe gleichfalls Penicillium und Mucor. Endlich sei noch erwähnt, dass *Hoffmann* das Penicillium als ubiquistisch bezeichnet und diese Bezeichnung mit einem langen Verzeichniss von Fundorten begleitet. — Die hier angegebenen Resultate *Hoffmann's* sind sämmtlich von ihm im Dunstrohre gewonnen.

Reess[1] tritt nun im Jahre 1870 den Angaben der früheren Mycologen, wornach die Hefe aus Schimmelpilzen hervorgehn, entgegen. Nach ihm ist die Hefe ein selbständiger einzelliger Pilz. Er beschreibt eine ungeschlechtliche Fructification, wornach in einer Hefezelle an der Luft 2—4 Sporen entstehen. Die sporenführende Hefezelle nennt er Ascus, die in ihr erzeugten Sporen Ascussporen. Dagegen gibt *Reess* zu, dass die Sporen von Mucor Mucedo und Mucor racemosus in Traubenzuckerhefelösung hefeartig aussprossen (Taf. IX. Fig. 1—5) und Alkoholgährung erregen.

Dies Resultat von *Reess*, der weingeistigen Vergährung durch Mucorsporen, begrüsst *Hoffmann*[2]) mit Freuden, da darnach von specifischen Gährungspilzen nicht mehr die Rede sein könne; dass *Reess* die Hefe nicht zur Fadenkeimung brachte, schreibt *Hoffmann* der Verwendung eines weniger geeigneten Apparates zu, als

---

[1]) *Reess*, Botanische Untersuchungen über die Alkoholgährungspilze. Leipzig 1870.

[2]) *Hoffmann*, Mycologische Berichte 1870.

er ihn in seiner Dunströhre besitze, in der er durch einen der einfachsten und sichersten Versuche, den es geben kann, den er seit Jahren als Vorlesungsdemonstration (!) ausführt, den Beweis der Richtigkeit seiner Angaben geben kann. Den Resultaten seiner Dunströhre vertrauend überlässt *Hoffmann* die Sache der Zukunft und den Händen zukünftiger Forscher[1]).

Allen bisher angegebenen Resultaten bezüglich des genetischen Zusammenhanges von Penicillium mit anderen Pilzen stehen die negativen Ergebnisse *de Bary's* und *Tulasne's* contrastirend gegenüber. — *De Bary*, der Penicillium vielfach untersuchte, weist an verschiedenen Stellen die Angaben *Bail's*, *Hoffmann's* etc. zurück, und hebt zugleich die Fehlerquellen hervor, die bei den Methoden der genannten Mycologen zu ungenauen Resultaten führen mussten. Ich verweise hier kurz auf seine Aeusserungen in der »Morphologie und Physiologie der Pilze« namentlich auf den Abschnitt über Pleomorphie und Generationswechsel, ferner auf die kleine Schrift über »Schimmel und Hefe« erste Auflage 1869, S. 44—64. Aus eben diesem Schriftchen will ich die über Penicillium von *de Bary* ausgesprochene Ansicht kurz wiedergeben: »Penicillium gehört zu den unvollständig bekannten Schimmelformen. Es hat mit Aspergillus glaucus durch die Art seiner Sporenabschnürung und ganz besonders durch diejenigen Fruchtträger, welche als Aspergillus ähnlich bezeichnet werden können, unverkennbare Aehnlichkeit. Es wird daher unbedenklich als Conidienform irgend einer Pilzspecies zu betrachten sein. Aus den ebengenannten Gründen und wegen sehr häufigen geselligen Vorkommens beider liegt ferner der Gedanke nahe, dass Penicillium in den Formenkreis von Aspergillus glaucus selbst gehören möchte, um so mehr als bei einer nicht geringen Anzahl von Pilzen zweierlei Conidienbildungen und manchmal

---

[1]) Beide entscheiden, wie die Untersuchung lehren wird, nicht zu Gunsten *Hoffmann's* und der Academie der Wissenschaften in Paris, welche letztere sich veranlasst sah, die mycologischen Verdienste *Hoffmann's* in seiner Bacterienarbeit zu preiskrönen am 11. Juli 1870. Compt. rend. LXXI, p. 150.

Bezüglich der hier obwaltenden Unklarheiten über die systematische Stellung der Hefe, ferner der Erregung von Gährung durch Hefe, Mucor und Penicillium verweise ich auf meine jüngst in vorläufiger Mittheilung erschienenen Aufsätze:

O. Brefeld, Ueber Mucor racemosus und Hefe nebst Bemerkungen zur Systematik der Pilze. Flora No. 25, 1873.

Untersuchungen über die Alkoholgährung, vorgetragen in der physicalisch-medicinischen Gesellschaft zu Würzburg Juli 1873. gedruckt in den Abhandlungen der Gesellschaft.

Zwischenformen zwischen diesen vorkommen. Wäre dieser Gedanke richtig, so würde unser Penicillium somit dem Formenkreise eines bekannten Ascomyceten angehören. Es ist nun aber bisher schlechterdings nicht gelungen einen bestimmten Nachweis hierfür zu liefern und es muss daher dahin gestellt bleiben, wo der Formenkreis, dem dieser gemeinste aller Schimmel angehört, seinen Abschluss findet.« — *Tulasne* spricht sich in seiner Carpologie[1]) über einen genetischen Zusammenhang des Penicillium nur bezüglich des Aspergillus und zwar sehr vorsichtig, halb zweifelnd halb bestätigend aus. Ich lasse die Stelle kurz folgen: »Novissimis his temporibus propria experientia percepimus mira illa ab oculatissimo Baryo observata cum vero, ni fallimur, ex omni parte similiter quadare, licet dubia qua de re moverit cl. Duby. Animadvertendum insuper velimus Eurotii apparatum conidiophorum i. e. Aspergillum glaucum Lk. seminum habitu et crassitudine maxime variare, ita ut interdum totus microspermus ad Penicillium glaucum Lk. cujus typus speciatim microspermus est, transire videatur; Aspergillum capitulo inflato monilibus seminum suorum supposito a Penicillio praesertim recedere, id autem discriminis in fungillis neonatis et primiparis omnino desiderari; denique Penicillium laete saepius oriri ex aversa pagina tuberosi vel floccosi stromatis, unde Aspergillus antice provenit.« An einer späteren Stelle[2]) drückt sich *Tulasne*, auf das Angeführte Bezug nehmend, bestimmter aus: Huc adde id Penicillii quandoque formam videri diminutam Aspergilli glauci Lk.

Aus allerneuester Zeit bleibt mir noch anzuführen übrig, dass *Cohn*[3]) auf Grund von Versuchen mit negativem Resultate, die ein Paar hundert Nummern zählen, den behaupteten Zusammenhang von Bacterien mit Penicillium (*Hallier*, *Karsten*, *Lüders*, *Huxley*) abweist.

Ueberblicken wir kurz den zweiten Abschnitt der angeführten Literatur über Penicillium, so finden wir eine Fülle von Resultaten, denen aber am Ende ein sehr ernüchterndes Fragezeichen folgt, mit welchem *de Bary* und *Tulasne*, zwei Autoritäten in der Mycologie, gewissermassen kurz über sie referiren.

In der That bemüht man sich vergebens, aus allen den genannten Untersuchungen etwas thatsächlich Uebereinstimmendes herauszufinden, wodurch unsere

---

[1]) *Tulasne*, Selecta fungorum carpologia. Tom. I p. 63, not. 2.

[2]) *Tulasne*, Carpologia p. 227.

[3]) *Cohn*, Beiträge zur Biologie der Pflanzen II. Heft, Untersuchungen über Bacterien. S. 189—191.

Kenntniss des Penicillium nach irgend einer Richtung einen Fortschritt gemacht hätte. Die systematische Stellung des Pilzes ist eine verwahrloste wie früher, seine Entwicklungsgeschichte ist ungeschlossen wie ehedem, und Alles das, was seine genetischen Beziehungen zu bereichern scheint, stellt sich dem kritischen Urtheile als unhaltbar, der vorsichtigen Untersuchung, wie wir bald sehen werden, als unrichtig dar. Es ist bedauerlich es aussprechen zu müssen, aber es ist unmöglich sich der Thatsache zu verschliessen, unser ganzes Wissen, soweit es als sicher gelten kann, bleibt nach wie vor bei der Beschreibung und der Kenntniss des Aufbaues eines ungeschlechtlichen Fruchtträgers stehen, die das, was uns *Micheli* im Jahre 1729 mittheilte, nicht wesentlich ergänzen. Der ganze Reichthum der Literatur macht uns ärmer und unwissender als wir ohne sie sein würden, und ihr Verlust dürfte minder schmerzlich empfunden werden, wenn sie statt vieler unersetzbarer Werke vor der Belagerung von Strassburg im Jahre 1870 das ausschliessliche Eigenthum der dortigen Bibliothek gewesen wäre.

Ist nun schon einerseits die geringe Kenntniss der gemeinsten Pflanze, die es gibt, eine täglich empfundene Lücke unseres Wissens, so wird anderseits die Abhülfe dieses Mangels zur dringendsten Nothwendigkeit, wenn wir die nachtheiligen Folgen berücksichtigen, die, sowohl was die mycologischen Methoden, wie die Ergebnisse im Allgemeinen betrifft, aus den überaus zahlreichen Untersuchungen hervorgegangen sind. Diese haben nämlich zu vielverbreiteten Vorstellungen und Ansichten über die Entwicklungsgeschichte der Pilze, über Generationswechsel und Pleomorphismus, über Wandelbarkeit der Form nach dem Substrate etc. geführt, die einem gedeihlichen Fortschritte in der Mycologie geradezu ein Hinderniss sind.[1]) Und eben diese durch Penicillium entstandenen

[1]) Diese Ansichten passen aufs bereitwilligste zu der Vermuthung, dass vielverbreitete ansteckende Krankheiten durch ganz gemeine Pilze verursacht werden, die nach dem veränderten Substrate in anderer Form auftreten. Sie veranlassen daher Mediciner und Laien, die in mycologischen Dingen nicht erfahren sind, zu selbständigen Untersuchungen nach Methoden, bei denen kaum etwas anderes als Irrthum oder Penicillium und Mucor, die gemeinsten Schimmelpilze, herauskommen kann. Untersuchungen auf Pilze als Ursache ansteckender Krankheiten sind die schwierigsten, die es geben kann. Sie erfordern volle Herrschaft wissenschaftlich-methodischer Beobachtung, durch welche die so nahe liegenden Irrthümer sämmtlich vermieden werden. Diese kann man sich nur durch mehrjährige ausschliessliche Beschäftigung mit Pilzen aneignen; sie ist den meisten Mycologen nicht eigen: wie kann sie ein Laie besitzen? Will man in dieser unzweifelhaft höchst wichtigen Frage weiter kommen, so muss der Pathologe Mycologie studiren, oder der in kritischer Schule gebildete Mycologe sich der Pathologie zuwenden.

falschen Begriffe in der Mycologie finden immer wieder in Penicillium selbst einen leider zu günstigen Nährboden und Schutzdach, so lange es nicht gelungen ist im Wege streng wissenschaftlicher und kritischer Untersuchung den wahren Abschluss seiner Entwicklungsgeschichte zu finden und damit zugleich die Irrwege zu kennzeichnen, in die man gerathen ist. Hiermit ist eine besondere Aufgabe[1]) in ihrem weiten Rahmen bezeichnet, die sich im Beginn der Untersuchung als unvermeidliche Beigabe anschliesst, und die wir darum als leitenden Gedanken sofort verwerthen wollen.

---

[1]) Nur ihretwegen, nur aus didactischen Gründen habe ich die Literatur von Penicillium, soweit es mir nothwendig schien, vorausgeschickt. Sie ist sonst wissenschaftlich betrachtet werthlos und dem Resultate der Untersuchung gegenüber überflüssig.

Vorläufige Versuche und Einleitung.

Ich begann meine ersten Beobachtungen des Penicillium, die aus den Jahren 1869—70 datiren, mit einer umfangreichen Nachuntersuchung aller früheren Angaben, die sich auf den Nachweis eines genetischen Zusammenhanges mit anderen Pilzen ergeben haben. Die Untersuchung wurde aber, statt mit einer Masse von Sporen, durch deren Cultur und Beobachtung die früheren Myeologen, welche Penicillium untersuchten, zu ihren Entdeckungen gelangt sind, mit der einzelnen Spore gemacht nach demselben Verfahren, wie es im ersten Hefte der Schimmelpilze genauer beschrieben ist.[1]) Die so gewonnenen Resultate waren durchaus bestimmt: keine einzige sämmtlicher Angaben fand Bestätigung. Es musste dies merkwürdige aber sichere Ergebniss mit Nothwendigkeit zu der Ueberzeugung führen, dass hier auf den eingeschlagenen Wegen nicht weiter zu kommen sei, zugleich aber auch zu der Einsicht, dass eine genügende Klarheit die erfolgreichen Bestrebungen der früher genannten Gelehrten nicht beherrscht hatte. Eine wissenschaftliche Thätigkeit hat zur Aufgabe Fragen zu lösen resp. zu beantworten, um dadurch unsere wissenschaftlichen Kenntnisse zu vermehren, sei es nun dass diese Fragen so zu sagen auf der Tagesordnung stehen, oder dass sie das nebensächliche Ergebniss jeder consequent durchgeführten Untersuchung sind. In erster Linie ist es nothwendig, sich die Frage, die man lösen

[1]) Bei allen anderen Pflanzen ist dies ganz selbstverständlich, nur bei den Pilzen, wo die Sporen sehr klein sind, die Gefahr des Irrthums aber desto grösser, schlägt man den anderen Weg ohne Bedenken ein, indem man die Schwierigkeiten, die einzelne Spore zu verfolgen, als unüberwindlich hinstellt.

will, so zu stellen, dass sie beantwortet werden kann, denn nur auf eine klare Frage, die auf ein ganz bestimmtes Ziel gerichtet ist, wird eine ebenso klare und bestimmte Antwort erfolgen können. Hierin unterscheiden sich die Fragen, die man beliebig von der Tagesordnung nimmt von denen, die man sich selbst als die natürliche Folge vorangegangener Untersuchungen stellt. Nur die letzteren sind wissenschaftlich präcisirte Fragen, den ersteren gegenüber, die aus der Phrase nicht herausgekommen sind. So lautete bis dahin die Frage, die allen Mycologen betreffs Penicillium offen stand, offenbar dahin, einen anderweiten genetischen Zusammenhang des Penicillium zu finden, der nothwendig bestehen müsse, weil die Pilze Pleomorphisten sind. Diese unklare allgemeine Frage, auf deren Lösung die bisherigen Untersuchungen gerichtet waren, barg so zu sagen von selbst mangelhafte Methode, Massenculturen in *Hoffmann*'schen[1]) und *Bail*'schen Apparaten und Irrthümer wie die Wandelbarkeit der Pilze nach dem Substrate[2])

---

[1]) *Hoffmann's* Apparat, das »Dunstrohr zur Reincultur«, welches nach seiner Ansicht mit absoluter Sicherheit arbeitet (Frankfurter Versammlung 1867), ist ebenso überflüssig als unbrauchbar und kann nur Aufsehen erregen und Vertrauen in seine Resultate erwecken bei den Leuten, die von Mycologie nichts verstehen. Der Apparat ist ein einfacher Schutz einer Cultur gegen die Invasion fremder Pilzsporen. Die letzteren sind nun aber bei den Massenculturen *Hoffmann's* schon von vornherein in dem Culturmateriale ganz unvermeidlich als Fehlerquelle vorhanden. Der Apparat leistet denselben Dienst wie ein Regenmantel, den man einem durchnässten Menschen gibt, damit er sich durch ihn auf seinem letzten Gange vor Erkältung schütze gegen einige Regentropfen, die unterwegs auf ihn niederfallen könnten. Die *Hoffmann*'sche Massencultur und sein Apparat sind ein überwundener Standpunkt; es handelt sich in Zukunft allein um die Verfolgung der einzelnen Spore, wenn die Wissenschaft statt Irrthümer Wahrheit ärnten, und wenn sie statt mit Wahrscheinlichkeiten durch Thatsachen gefördert werden soll.

[2]) Die Wandelbarkeit der Pilze nach dem Substrate und dem Medium und verschiedenen äusseren Bedingungen ist eine von *Bail* 1856 zuerst ausgesprochene Idee Bericht der Bot. Section der vaterl. Gesellschaft in Schlesien: Vortrag von *Bail* am 30. October 1856) nach der, wie häufig bei vorgefassten Ansichten, eine Summe unsicherer Beobachtungen ohne Kritik gedeutet sind. *Hoffmann* kommt zu der gleichen Idee wie *Bail* (Ueber Saprolegnia und Mucor, bot. Zeitung 1867) nachdem er vorher den Mucor als alten Feind auf neuer Spur ertappt hat (Bot. Zeitung über den Favuspilz 1867, No. 31) und sagt: »Ich kann nicht umhin darauf hinzuweisen, dass wir in unserem Mucor, welcher bisher schon zu den pleomorphsten Pilzen gehört, nach vorstehendem Nachweise der Identität mit Saprolegnia eine zur Zeit beispiellose Vielgestaltigkeit vor uns haben; und da mehrere der auffallendsten Hauptformen in Folge ihrer Abhängigkeit von äusseren Medien oder ihrer Accommodation an dasselbe in der Regel ganz streng geschieden, durch anscheinend endlose Generationen vorkommen können, so liegt hier ein Fall vor, welcher meines Bedünkens von den Anhängern der *Darwin*'schen Hypothese sehr wohl verwerthet werden könnte.« »Nach *Bail* (Mittheilungen über das Vorkommen und die Entwicklung einiger Pilzformen, Danzig 1867, S. 35) ist

in sich, die in der späteren Untersuchung von selbst klar dargelegt werden. Die Frage hatte nur die Anwendung des Pleomorphismus der Pilze für einen beliebigen Einzelfall zur Aufgabe, eines Pleomorphismus, der leicht missverstanden werden kann und der thatsächlich fast allgemein missverstanden worden ist. Es musste also erst ein klares Verständniss des Pleomorphismus der Pilze gewonnen werden, erst dann war es möglich, die Fragen über Penicillium, die allein eine sichere Lösung wahrscheinlich machen konnten, nicht allgemein gehalten, sondern scharf präcisirt aufzustellen. Ich werde beides aus dem ersten Hefte der Schimmelpilze, aus den Untersuchungen über Mucor Mucedo mit seinen Parasiten, dem Chaetocladium Jonesii und der Piptocephalis Freseniana herzuleiten versuchen.

Wie wir durch *Tulasne* und *de Bary* wissen, kommen einem und demselben Pilze verschiedene Fruchtformen zu, die mitunter zu einem bestimmten Generationswechsel mit einander verbunden sein können. Beim Mucor Mucedo war nun die Zahl der Fructificationen, unter denen er auftreten sollte, bereits nach *van Tieghem's*[1]) neuestem und letztem Resultate auf acht gestiegen, als sich bei

---

gewiss jeder Freund der Wissenschaft von der Wichtigkeit des in Rede stehenden Gegenstandes durchdrungen, da wir durch derartige Studien über die Entwicklung der Pilze eher als auf anderen Wegen zu Aufschlüssen über ein Problem gelangen können, auf das durch *Darwin's* epochemachende Schriften die Aufmerksamkeit aller Gebildeten hingelenkt worden ist. Auch die Richtung, die wir bei unseren Untersuchungen einzuschlagen haben, ist gegeben. Wir haben Culturversuche mit demselben Pilze in den verschiedensten Medien und unter den mannigfachsten Temperatur- und anderen Verhältnissen einzuleiten.« Hätte *Bail* (ebenso *Hoffmann*) diese projectirten Versuche genau nach seiner Vorschrift wirklich gemacht und statt mit Massen mit einer Spore ausgeführt, so würde er zu dem entgegengesetzten Resultate gekommen sein, zu dem nämlich, dass die Pilze in ihrer Wandelbarkeit auf demselben Punkte stehen wie alle anderen Pflanzen, und dass es ein reiner Köhlerglaube ist, bei den Pilzen eher zu Aufschlüssen über die Descendenztheorie kommen zu können als dies bei den höheren Pflanzen möglich ist. Aber auch gesetzt den Fall, die Pilze veränderten sich wirklich nach dem Substrate und dem Medium, worin sie wachsen, die Ansichten *Bail's* und *Hoffmann's* wären richtig, so bleibt es vollkommen unverständlich wie die Descendenztheorie aus einer solchen Variabilität Nutzen ziehen könnte. *Darwin* und namentlich *Nägeli* sprechen es gerade auf das Entschiedenste aus, dass Veränderungen von Aussen durch blosse äussere Umstände nicht constant, nicht vererbbar und darum von gar keiner Bedeutung sind. Was soll denn nun wichtig sein? Was soll zu Aufschlüssen führen? Nicht bloss die Thatsachen, auf die sich die Idee stützen soll, sind unrichtig, die Idee selbst schwebt rein in der Luft.

[1]) *Van Tieghem*, Sur le polymorphisme du Mucor Mucedo, Compt. rendus de l'Académie des sciences de Paris 1872, p. 997—1002.

Ich muss hier kurz anführen, dass *van Tieghem*, nachdem er das erste Heft meiner Schimmelpilze gelesen hat, seine Irrthümer eingesteht und widerruft. (Siehe dessen jüngst veröffentlichte Arbeit: Recherches sur les Mucorinées par *Th. van Tieghem* et *G. Lemonnier*. Paris 1873.)

genauester Untersuchung kurz Folgendes ergab: die Mycelien des Pilzes bilden für gewöhnlich nur ungeschlechtliche Fruchtträger und erschöpfen sich in diesen Propagationsorganen; in besonderen Fällen, unter noch nicht ganz sicher erkannten Bedingungen, nehmen sie den eigentlich normalen Entwicklungsgang und bilden Geschlechtsorgane. Aus der Befruchtung geht als zweite Generation mit eingeschobenem Ruhezustande als Zygospore schliesslich ein Fruchtträger hervor, der hier mit einem ungeschlechtlich gebildeten im Wesentlichen übereinstimmt. Aus jeder Spore des Fruchtträgers der zweiten Generation bilden sich Mycelien mit Geschlechtsorganen, also die erste Generation wieder, oder die Mycelien werden nicht geschlechtstüchtig und pflanzen sich ungeschlechtlich fort. Alle anderweitigen mit ihm verbundenen ungeschlechtlichen Fruchtformen gehören besonderen Pilzen mit gleichem oder ähnlichem Entwicklungsgange an.

Was hier bei Mucor und verwandten Pilzen gefunden wurde, ist in nichts verschieden von dem was wir bei allen Pflanzen kennen. Auch diese kommen häufig nicht zum normalen Generationswechsel, weil sich keine Blüthen und daher keine Geschlechtsgeneration ausbildet; ihre Stelle wird dann durch ungeschlechtliche Fortpflanzung vertreten, entweder in der Form von Brutknospen oder Stolonen. Unter anderen Verhältnissen tritt die Blüthe und die Geschlechtsgeneration normaler Weise auf, es kann dann die ungeschlechtliche Fortpflanzung unterbleiben wie bei Mucor Mucedo, oder sie kann gleichzeitig fortbestehen wie bei Chaetocladium und Piptocephalis. Bei den Laub- und Lebermoosen, bei den Kryptogamen und Phanerogamen findet jeder Botaniker dieselben Verhältnisse ganz natürlich, hier gibt es kein Gesetz des Pleomorphismus, wiewohl es ganz mit gleichem Rechte geltend gemacht werden kann wie bei den Pilzen. — Führen wir den Vergleich weiter aus. Wird eine höhere Pflanze, ein Moos oder ein Phanerogame an irgend einem Orte nicht fructificirend, nicht blühend, dafür aber in ungeschlechtlicher Vermehrung gefunden und etwa nicht gekannt, so kommt man naturgemäss auf die Vermuthung, dass die betreffende Pflanze zufällig hier nicht blühe, dass sie aber an einem anderen Standorte, vielleicht auch in einem anderen Jahre, zur Blüthe und Fruchtbildung kommen werde. Man wird also, weil die Pflanze nur in ungeschlechtlicher Vermehrung angetroffen wurde, nach der blühenden und fructificirenden Pflanze wie nach etwas ganz selbstverständlichem weiter suchen. Bei den meisten Mycologen ist nun aber die Denk- und Handelsweise eine total andere und rein

willkürliche geworden, wiewohl hier die Verhältnisse ganz dieselben sind, wie bei allen anderen Pflanzen. Die Mycelien vieler Pilze kommen unter manchen Verhältnissen gleichsam nicht zum Blühen, zur geschlechtlichen Fortpflanzung, sie tragen nur die Analoga der Brutknospen und Stolonen, nämlich ungeschlechtliche Fruchtträger. Statt nun aber bei der Auffindung des ungeschlechtlichen Fruchtträgers nach dem blühenden Pilze d. h. nach der geschlechtlich erzeugten Frucht und der zweiten Generation weiter zu suchen, nehmen die meisten Mycologen, dem missverstandenen Pleomorphismus der Pilze, ihrem vermeintlichen Bedürfnisse nach weitläufigen genetischen Beziehungen gerecht zu werden, einfach an: der gefundene Pilz z. B. Penicillium kam mit Mucor, auf einer todten Fliege mit Entomophthora, auf saurer Milch mit Oidium etc. vor, ferner wuchs auf einem Klumpen Saccharomyces Penicillium, Mucor und Oidium, aus Fliegen mit Entomophthora wuchs unter Wasser Saprolegnia, auf Wasser Mucor etc., folglich gehören sie alle nach dem Gesetze des Pleomorphismus zusammen. Genau so würde der phanerogamische Botaniker handeln, der in einem neuen Lande einen Haufen ganz verschiedener nicht blühender aber ungeschlechtlich sich fortpflanzender Pflanzen auf Grund gemeinschaftlichen geselligen Vorkommens genetisch zusammenfügte und ohne die Blüthe und die Frucht gesehen zu haben benennte. Hier würde man das einfach Unsinn nennen, bei den Pilzen gilt es als wissenschaftliche Leistung. — Die ungeschlechtliche Fortpflanzung, die Propagation, ist bei vielen Pilzen häufiger wie bei den höheren Pflanzen. Sie tritt in der Form vielgestaltiger Fruchtträger scheinbar als vollkommene Pflanze auf, zugleich mitunter in einer Reichhaltigkeit und einer Fülle, wie sie den übrigen Pflanzen fehlt. Diese graduelle Abweichung der Pilze von der übrigen Pflanzenwelt ist offenbar der Ursprung eines argen Missverständnisses, indem eben darin ein wirklicher Unterschied, ein förmlicher Gegensatz der Pilze zu allen anderen Pflanzen gesehen wurde. Hierdurch ist eine Verwirrung und Unklarheit unter den Pilzen entstanden, die so lange nicht zu beseitigen ist, als man daran festhält die Pleomorphie der Pilze als ein besonderes nur für diese Organismen geltendes Naturgesetz zu halten. Die Pilze sind Pflanzen wie alle anderen und wenn man einen Pilz in ungeschlechtlicher Fortpflanzung findet, so ist zwar die Möglichkeit nach einer zweiten Form ungeschlechtlicher Fortpflanzung nicht ausgeschlossen, die Hauptfrage geht aber wie bei einer ungeschlechtlich sich vermehrenden phanerogamischen Pflanze, nach der Auffindung

der Blüthe des Pilzes d. h. nach seinen Geschlechtsorganen und der aus dieser hervorgegangenen zweiten Generation, weil hierin die Natur der Pflanzen allein zum Ausdruck kommt und ohne sie eine völlige Erkenntniss, eine engere Unterscheidung und Eintheilung unmöglich ist.

Die Fragen also, welche, um nach dem etwas weiten Anlauf dieser Deduction zu unserer Aufgabe zurückzukommen, hier bei Penicillium gestellt werden mussten, wenn sie als wissenschaftliche klar gestellte Fragen gelten sollten, lauteten also:

1) Welchen genetischen Zusammenhang *muss* Penicillium haben?
2) Welchen genetischen Zusammenhang *kann* es etwa ausser Penicillium (den bekannten Conidienträgern) haben?

Oder um die Fragen anders, womöglich deutlicher auszudrücken:

1) Wie ist die geschlechtliche Befruchtung von Penicillium? welches ist die Generation die daraus hervorgeht?
2) Treten auf den Mycelien von Penicillium ausser Penicillium noch andere ungeschlechtliche Fortpflanzungsorgane auf?

Die Antwort beider Fragen wird die Lösung einer dritten

3) nach dem Generationswechsel des Penicillium und der Reihenfolge seiner Fruchtformen von selbst in sich schliessen.

Sie wird es endlich ermöglichen in vierter Linie

4) dem Penicillium seine wahre systematische Stellung anzuweisen, damit es aus langem Provisorium endlich in den Ruhestand kommt.

Die erste und wichtigste von allen Fragen spaltet sich eingangs nach zwei Richtungen. Es wird zunächst festzustellen sein, ob die hier zu suchende geschlechtlich erzeugte Frucht des Penicillium ein schon näher bekannter, vielleicht anderswo beschriebener Pilz ist, oder ob sie unbekannt und darum neu zu suchen ist. Da nun bei der früher erwähnten ersten sehr ausgedehnten Versuchsreihe niemals eine bekannte geschlechtlich erzeugte Pilzfrucht auf den Mycelien von Penicillium gefunden werden konnte, so blieb nur die letzte Möglichkeit offen, dass man den eigentlichen Pilz gar nicht kenne. Es musste also die Untersuchung neu von vorn begonnen werden und vom Ursprunge wie die Untersuchung mag auch die Darstellung ihrer Resultate hier beginnen, die bis auf die früheren Details des ungeschlechtlichen Fruchtträgers durchaus neu sind.

IV. Mycelien der Geschlechtsgeneration von Penicillium mit ungeschlechtlichen Fruchtträgern.

Die ungeschlechtlichen Conidiensporen von Penicillium sind von winziger Kleinheit, sie messen nur 0,0025 Mm. Noch bei 300facher Vergrösserung erscheinen sie dem Auge als kleine runde Pünktchen (Taf. I, Fig. 1a.) mit starkem Randschatten, den feinen Beimengungen ähnlich, die sich in einer vielfach filtrirten, aber immer noch etwas trüb erscheinenden Flüssigkeit vorfinden. Auch die stärksten Vergrösserungen geben nicht hinreichende Mittel eine andere als negative Beschreibung zu geben. Man erkennt (Taf. I, Fig. 2a.) nichts von einem Inhalte, nichts von einer Membran die ihn umschliesst, noch an deren Aussenfläche irgend eine Verzierung. Man mag sie drehen und wenden wie man will, auch die Nabelgegend, mit der sie dem mütterlichen Organismus aufgesessen hat, ist nicht mehr aufzufinden; nur zeigen sich bei diesem Experimente so viele bedenkliche Abweichungen von der Kugelgestalt, dass sie des Prädicates »rund« nicht in dem Maasse würdig sind, wie es anfangs scheint.

Bringt man eine Spore in eine durchaus klare Lösung einer organischen Substanz, so gehen schon bald auffallende Veränderungen mit ihr vor. Sie schwillt mehr und mehr an und zwar regelmässig nach allen Richtungen (Taf. I, Fig. 1b.). Nun erst wird ein Inhalt erkennbar und eine sehr zarte glatte Membran, die ihn umgibt. Der Inhalt besteht aus einem sehr feinkörnigen Protoplasma, das die Zelle gleichmässig auszufüllen scheint. Erst bei sehr scharfer Einstellung gewahrt man in diesem eine oder mehrere sehr kleine Vacuolen, die in der Mehrzahl nicht zu einer grossen vereinigt sind (Taf. I, Fig. 2b.). Die

Anschwellung der Spore geht nicht über das Dreifache der ungekeimten hinaus, dann brechen bald nur nach einer, bald nach 2—6 verschiedenen Richtungen Keimschläuche aus ihr hervor[1]) (Taf. I, Fig. 1b, 2b.). Diese sind immer dünner wie die angeschwollene Spore und machen es leicht sie in ihrer Mitte auf den ersten Blick sicher zu unterscheiden. Die Keimschläuche wachsen fort in so ebenmässiger Dicke, als ob sie aus einer Patrone gedrückt würden. Das Wachsthum geschieht, wie es scheint, nur an der Spitze der Schläuche. Sie hören früh (Taf. I, Fig. 1b, 2b.) auf einzellig zu sein, durch Bildung von Scheidewänden, die in nicht regelmässiger Entfernung hinter der Spitze der Fäden auftreten. Nun wird es möglich die Endzellen und Gliederzellen getrennt zu beobachten und mit Sicherheit festzustellen, dass mit der Gliederung die Endzelle

[1]) Von einem Abwerfen des Exosporium bei der Keimung der Penicilliumsporen, wie es *Loew* beschreibt, habe ich in den tausenden von Keimungen in den verschiedensten Substraten, die ich bei der Untersuchung durchzumustern Gelegenheit hatte, mit den besten optischen Hülfsmitteln nie etwas sehen können. Es ist gar nicht möglich ein Exo- und Endosporium zu unterscheiden, viel weniger kann ersteres bei der Keimung abgeworfen werden; es bleibt nur die Möglichkeit übrig, dass hier andere Sporen mit in die Cultur gekommen und als Penicillium beobachtet sind.

Hoffmann spricht von einer Verschiedenheit der Keimung des Penicillium die er in der preisgekrönten Bacterienschrift abbildet. Die Keimschläuche sind höchstens einen Zoll lang, an dem längsten, den der genannte Mycologe vorführt, liegen oben einige cylindrische Zellen, die nur zufällig Platz genommen, niemals aber von dem Schlauche gebildet sein können. Die Verschiedenheit der Keimung beweist, dass das Sporenmaterial nicht rein gewesen ist, die Abbildungen zeigen aufs getreueste, dass die Keimlinge, wenigstens als sie gezeichnet wurden, ihren Pilzgeist bereits ausgehaucht hatten. — Die Angaben über hefeartige Aussprossungen des Penicillium in gährungsfähiger Lösung, Bierwürze etc. sind einfach unrichtig. Penicillium bildet in jeder gährungsfähigen Lösung immer nur die gewöhnlichen Keimschläuche, ich habe dies unzählige Male an den einzelnen Sporen verfolgen können, habe Mycelien von einigen Zollen Grösse aus einer Spore in beliebiger gährungsfähiger Lösung gezogen, ohne jede Gährung und Hefebildung. Weder *Hoffmann* noch auch *Bail* und *Hallier*, von denen die Angaben abstammen, haben direct beobachtet, dass eine Penicilliumspore hefeartig aussprosste, Hefe bildete und Gährung erregte; man stützte die Angaben auf die Versenkung von einem Haufen Sporen oder Wolken von Mycelium in gährungsfähige Flüssigkeit, die dann im Dunstrohr oder im Pilzkasten Zutritt erhielt. Es entstand dann Gährung und es fand sich Hefe vor, für die Penicillium ohne Weiteres verantwortlich gemacht wird. Ist denn etwa der Hafer, den ein Landwirth auf einem Felde ärntet, auf welches er nur Weizen ausgesäet hat, aus dem Weizen entstanden? Hat man ein Recht, in einem Walde, der aus Eichen, Buchen, Birken und Erlen besteht, die drei letzten Pflanzen, weil man nur Eichen ausgesäet hat, als durch das Substrat verwandelte Eichen anzusehen? (Man vergleiche an dieser Stelle die Ergebnisse meiner früher citirten Arbeiten über »Mucor racemosus und Hefe und über die Alkoholgährung«.)

allein durch Spitzenwachsthum in die Länge wächst, dass eine nachträgliche intercalare Dehnung der Gliederzellen nicht stattfindet. Die Endzelle hat die Fähigkeit an beliebigen Stellen Seitenäste zu bilden (Taf. I, Fig. 3), von denen mitunter der jüngste nahe der Spitze in seinem Wachsthum so gefördert wird, dass es für kurze Zeit den Anschein hat, als ob eine dichotome Theilung der Spitze der Endzelle an die Stelle monopodialen Aufbaues getreten wäre, was jedoch niemals der Fall ist. Während die Endzelle wächst und sich verzweigt, geben die älteren Gliederzellen, nachdem sie die Fähigkeit in die Länge zu wachsen verloren haben, ihre nicht erloschenen Wachsthumsbestrebungen in der Bildung von weiteren Seitenzweigen kund. Diese Seitenzweige haben eine bestimmte Stellung, sie kommen für gewöhnlich gerade unter der oberen Scheidewand hervor (Taf. I, Fig. 3). Wir haben dann an den verzweigten Keimschläuchen, die wir fortan Mycelium nennen wollen, Seitenzweige zweierlei Art und zweifacher Anordnung. Die ersten sind aus Verzweigungen der Endzelle hervorgegangen, sie stehen mehr in der Mitte der Zellen, die letzteren sind Seitenzweige der Gliederzellen und sind unter den Scheidewänden inserirt. Natürlich braucht nicht nothwendig eine jede Gliederzelle Seitenzweige zu bilden; sie unterbleiben, ebenso wie die Verzweigungen der Endzelle, je nach der Ernährung für längere oder kürzere Zeit, und es sind Fälle nicht selten, wo 3—4 Gliederzellen mit der Endzelle ohne alle Verzweigungen einen einfachen Faden darstellen. Die Zweige besitzen dieselbe Fähigkeit weiterer Verzweigung und folgen demselben monopodialen Wachsthumsgesetze wie die Hauptaxen, von denen sie schon bald nicht mehr zu unterscheiden sind. Das ganze Verzweigungssystem des Myceliums breitet sich allseitig centrifugal weiterwachsend um die noch deutlich erkennbare Spore als Ursprungs- und Centralpunkt aus. Schon auf den ersten Blick muss uns an dem Mycelium in seinen vorgerückten Lebensstadien die merkwürdige Ebenmässigkeit in der Dicke seiner sämmtlichen Haupt- und Seitenäste auffallen. Die jüngst geborenen Seitenäste kommen gleich in der Geburt mit den Dimensionen des Mutterfadens zum Vorschein. Die Dimensionen der Fäden schwanken auch an den ältesten Mycelien, durchschnittlich = 0,0071 Mm., wenig, nur bei sehr dürftiger Ernährung sinken sie an den Enden zur halben Dicke = 0,0040 Mm. zurück.

Ueber den Inhalt der Mycelien lässt sich nur dasselbe sagen wie über die gekeimte Spore. Er besteht überall aus einem äusserst feinkörnigen Protoplasma

mit sehr kleinen Vacuolen (Taf. I, Fig. 2 und 3). Bei schwacher etwa 300facher Vergrösserung haben die Fäden ein stark lichtbrechendes Ansehen, das sehr charakteristisch ist und das erst in dem Momente verschwindet, in welchem die Mycelien absterben. — An grossen üppigen Mycelien rufen starke Erschütterungen, substanzielle Veränderungen der Nährlösung und dadurch entstehende enosmotische Wirkungen ein Platzen der Schläuche an den Spitzen hervor. Das Protoplasma tritt an diesen Stellen in Form einer dicken hin- und hergekrümmten Wurst hervor. Es verändert sogleich sein Ansehen, wird körnig und dunkel, ohne sich in der Nährlösung zu verbreiten wie das Protoplasma der Zellen höherer Pflanzen. Nach kurzer Zeit wird an diesem Plasma eine Haut abgeschieden, die ein weiteres Verbluten der Schläuche hindert. Man könnte glauben, dass den Pilzen hierin ein Schutz gegeben wäre wie etwa den höheren Pflanzen in der Wundkorkbildung. Die Mycelien von Mucor verhalten sich dem Penicillium gleich und auch bei Entomophthora Muscae[1]) habe ich eine nachträgliche Hautbildung ausgeworfenen Plasmas beschrieben; jedenfalls verdient der Umstand Berücksichtigung und weitere Beachtung.

Es ist eine besondere Eigenthümlichkeit der Mycelien von Penicillium, mit seinen Fäden an beliebigen Stellen der Berührung durch Fusion der Wände zu verschmelzen. Ich habe einen besonders charakteristischen Fall dieser Art in (Taf. I, Fig. 4) dargestellt. Man sieht die Verschmelzung nur an kleinen wenig verzweigten Mycelien mit Sicherheit, auch dann nur, wenn die Fäden ganz isolirt liegen und nicht durcheinandergewachsen sind. Da dies nur bei Kümmerlingen möglich ist, so neigt *Loew*[2]) zu der Ansicht, dass eben in der kümmerlichen Ernährung die Ursache zu der Verschmelzung liegen könne. Eine kritische Beurtheilung ist nicht möglich, weil man die Verschmelzung bei üppigen Mycelien wegen zu reichlicher Verzweigung nicht sehen kann und also nicht weiss, ob sie hier vorkommt. Jedenfalls ist die Erscheinung eine für das Leben des Pilzes unwichtige und nebensächliche.

Wie Wunderkinder unter den Menschen beginnt Penicillium schon in der ersten Jugend der Natur Früchte zu tragen zu einer Zeit, wo die Mycelien noch

---

[1]) *Brefeld*, Entomophthora Muscae, Abh. der naturf. Ges. zu Halle. Band XII, S. 36 und 37, Taf. IV, Fig. 27—31.

[2]) *Loew*, Pringsheim's Jahrbücher. Bd. VII, S. 481.

klein und im stärksten Wachsthum begriffen sind. Es erfolgt die Fructification verschieden schnell je nach den äusseren Umständen, je nachdem das Mycelium an der Oberfläche oder tiefer im Culturtropfen des Objectträgers vegetirt und leichter mit seinen Verzweigungen an die Luft tritt, am frühesten mit dem dritten Tage, spätestens am fünften nach der Aussaat. Die Mycelien leiten den Prozess ohne irgend wahrnehmbare Veränderungen ein. Es werden nämlich nicht besondere Fruchtträger gebildet zum Zwecke der Sporenbildung, sie beginnt vielmehr an jedem beliebigen Faden, der sich aus der Culturflüssigkeit in die Luft erhebt. Hiermit ist zugleich schon angegeben, dass die Fruchtträger, die nur zur Sporenabschnürung umgeänderte Mycelfäden sind, nicht mehr und nicht weniger einen bestimmten Ursprung, eine bestimmte Stellung am Mycelium erkennen lassen, als dies für die Seitenzweige der Fall war. Auch in ihren Dimensionen, in den Dickenverhältnissen = 0,0047 bis 0,0050 Mm. waltet gegen gewöhnliche Mycelfäden kein Unterschied ob. Die Fruchtträger erscheinen für gewöhnlich zuerst an den älteren Myceltheilen, also in der Mitte eines Myceliums. Sie sind in der Mehrzahl hinter einer Scheidewand inserirt und geben dadurch der Vermuthung Raum, dass sie die jüngst gebildeten Seitenäste sind und zwar solche, die in ihrer Richtung senkrecht zum Substrat, an den älteren Myceltheilen in der Mitte zuerst das Niveau des Culturtropfens erreichen (Taf. I, Fig. 6c). Die Zahl der Fruchtträger entspricht der Zahl der Mycelseitenäste der Mitte, die in die Luft gehen, sie stehen oft zu vielen dicht zusammen. Nach begonnener Fructification an einzelnen Fäden wachsen alle übrigen Theile des Myceliums gerade so weiter wie früher, die Endzellen besorgen durch Spitzenwachsthum und Verzweigung die peripherische Ausdehnung, die Gliederzellen durch Astbildung eine gleichzeitige Vermehrung der Fäden im centralen Theile des Myceliums. Hier wird fortan in dem mehr und mehr zunehmenden Fadengewirr die Unterscheidung der Keimsporen schwieriger (Taf. I, Fig. 6a) und endlich unmöglich, wenn nun auch die Zahl der Fruchtträger und deren Fructification fortschreitet.

Die zu Fruchtträgern bestimmten Myceläste beschliessen sehr früh ihr Längenwachsthum, d. h. die Endzelle des Fadens hört auf in die Länge zu wachsen, nachdem eine letzte Gliederung eine kurze Strecke hinter der Spitze (Taf. I, Fig. 5, I u. II 1a u. b.) eingetreten ist. Genau unterhalb dieser letzten Scheidewand beginnt die jüngste Gliederzelle des nicht weiter wachsenden

Fadens einen Seitenast (1c) zu bilden, der sich der Endzelle anlegend vertical nach oben richtet. Noch ehe er die volle Höhe der letzteren erreicht hat, zeigt sich auf dieser (1d) eine Aussprossung und zwar genau in der Fortsetzung der Axe. Sie ist etwas dünner wie die Axe, erreicht nur eine geringe Höhe und nimmt, indem sie sogleich den Prozess der Sporenbildung einleitet, den Charakter einer sporenabschnürenden Basidie an. Ihre Spitze wird zu einem dünnen Fortsatze, dem Sterigma verlängert, welches oben kugelig anschwillt zur ersten Spore (2e, f). Unter der ersten Anschwellung, sobald sie ihre normale Ausdehnung erreicht hat, kommt sofort eine zweite in Sicht und so wiederholt das Sterigma eine unbestimmte Zeit den Vorgang der succedanen Abschnürung, einer Sporenkette Ursprung gebend (2f), an der wie bei Aspergillus, Cystopus etc. die äusserste Spore die älteste, die dem Sterigma aufsitzende die jüngste ist. Die Sporen sind bald nach der Abschnürung farblos, nehmen aber allmählich mit der Reife nach dem Ende der Kette zu eine bläuliche Farbe an, die nicht an der einzelnen Spore sondern nur an der Masse deutlich zu sehen ist. Zur Zeit wo die Basidie der Hauptaxe die erste Spore abschnürt, entsteht auch auf dem Seitenaste (1c), der in seiner Längenausdehnung die Hauptaxe nicht zu überschreiten pflegt, eine Basidie (2d), die ebenfalls Sporen abzuschnüren anfängt. Zugleich wächst neben der ersten Basidie, diese etwas zur Seite schiebend, aus dem Scheitel der Hauptaxe eine zweite und dritte hervor, dasselbe geschieht auf dem Seitenaste, und in wenigen Stunden ist die Sporenabschnürung an allen im Gange (2—5). Ich habe die einzelnen Vorgänge der Basidien und Sporenbildung an mehreren Fruchtträgern beobachtet und zwei Fälle dieser Art gezeichnet (Taf. I, Fig. 5, I u. II). Die Beobachtung wurde in einer feuchten Kammer gemacht, die so construirt war, dass sie die Anwendung sehr starker Vergrösserungen zuliess. Die einzelnen Figuren sind in Zeitabschnitten von 2—3 Stunden gezeichnet und zeigen, dass etwa alle Stunden eine Spore auf jedem Sterigma gebildet wird. Beobachtungen dieser Art sind von *Loew* im Jahre 1869 gemacht und mitgetheilt; sie erhalten ebenso wie das, was er über die Mycelien angibt, hier im Wesentlichen Bestätigung und weitere Ausführung.

Die abgeschnürten Sporen sind nicht alle von gleicher Grösse, sie zeigen eine Abnahme von dem Ende der Kette bis zum Sterigma, sie werden allmählich kleiner; anfangs ist dies sehr auffällig, später aber im Laufe der Kette nicht mehr merklich (Taf. I, Fig. 5 u. Taf. II, Fig. 5). Zwischen den

Sporen bleibt eine sehr kurze Brücke für einige Zeit erhalten, welche die Sporen zur Kette verbindet, sie verliert sich später mit dem Zerfallen der Kette, ohne dass die Sporen auch nur eine Spur davon behalten. Die Brücke ist ein kurzes Stück des Sterigmas, welches zwischen je zwei Anschwellungen bestehen bleibt, entweder für die Dauer wie bei Cystopus oder nur kurze Zeit wie hier und beim Aspergillus. Die Annahme einer besondern Membran, die ausser der eigentlichen Sporenmembran alle Sporen umhüllt und so eine Membranbrücke zwischen ihnen bildet, wie *Loew* meint, scheint mir nicht nöthig und unzulässig, weil die Sporen nur eine einfache Membran haben.

Die bis jetzt angeführten Beobachtungen und Beschreibungen sind nach Mycelien mässiger Ausdehnung und nach Fruchtträgern geringer Complication gemacht worden, es ist zur Vollständigkeit nothwendig, ihnen die üppigsten Bildungen und Verzweigungen und solche Fälle, die unter den Begriff der Krüppel fallen, gegenüber zu stellen. Die Formen beider lassen sich leicht studiren, da man ja in der Qualität der Nährlösungen das Regulativ ihrer Ausbildung in der Hand hat.

Ernährt man die ausgesäete Spore in sehr reicher concentrirter Lösung, so keimt sie schon mit vielen Keimschläuchen, diese verzweigen sich aufs reichlichste und bilden ein so dichtes Fadengeflecht (Taf. II, Fig. 9c), dass das Mycelium einer Haut ähnlich wird, die man als Ganzes wie eine starre feste Masse abheben kann. Der Dichtigkeit des Myceliums entspricht die Zahl der Aeste, die zur Fruchtbildung an die Oberfläche kommen (Fig. 9b). Sie stehen so dicht zusammen, dass sie mit ihren sporenabschnürenden Basidien eine förmliche Kruste bildend sich fast gegenseitig berühren, eine Eigenthümlichkeit des Pilzes, die *Linné* veranlasste, ihn Mucor crustaceus sehr treffend zu benennen. Die Mycelien wachsen mit ihrer peripherischen Ausdehnung auch in dem Reichthume der Verzweigung zunehmend gleich einer fest geschlossenen Masse nach Aussen fort. Die Fruchtträgerbildung (b) folgt schrittweise der Mycelvergrösserung (c) und ihre Masse gewinnt schliesslich das Ansehen eines mächtigen blauen Haufens, umrahmt von dem noch freien fortwachsenden Mycelrande. Soweit die Ernährung reicht ist das Wachsthum des Myceliums und die Bildung der Fruchtträger auf ihm unbegrenzt. Hie und da vereinigen sich bei ganz dichten Mycelien die Fruchtträger bündelweise und stellen so einen baumähnlichen

Pilz (Taf. VIII, Fig. 54) dar, dessen Stamm (a) von den verschlungenen aussergewöhnlich lang gewachsenen Fruchtträgern, dessen Krone (b) von den aneinander gedrängten zahllosen sporenbildenden Basidien gebildet ist. Diese Form des Penicillium, die nur die zufällige Folge üppiger Ernährung ist, hat *Link*[1]) als besondere Gattung angesehen und als Coremium glaucum beschrieben.

Anders steht es nun aber mit dem Pilze, wenn man ihm (gleich einem gefangenen Uebelthäter) die Nahrung aufs kümmerlichste zukommen lässt, oder wenn man sie ihm, was noch besser ist, im Beginn seiner Entwicklung langsam und schliesslich völlig entzieht. — Die Conidiensporen keimen noch in den ärmsten Lösungen, in einem Wasser, das nur minimale Spuren organischer Substanz enthält, die Spore sendet aber nur einen Keimschlauch aus, er ist dünner als sonst und wächst sehr langsam fort. Seine Verzweigung ist spärlich, erst nach vielen Tagen fördert das Zwergmycelium einen Zweig an die Oberfläche, der zum Fruchtträger wird und die gewonnenen Nährmittel zur Sporenbildung verbraucht (Taf. VIII, Fig. 51). In einzelnen Fällen gelingt es sogar, den einzigen Keimschlauch der Spore direct zum Fruchtträger werden zu sehen, nachdem er lange Zeit als Mycelium ein jämmerliches Dasein gefristet. Man könnte glauben, es wäre ein Fruchtträger direct aus der Spore gewachsen, doch lehrt die Entwicklungsgeschichte, dass dies nicht der Fall sein kann, dass derselbe Faden, den die Spore als Keimschlauch aussandte, als Mycelfaden weiterwuchs, und schliesslich seine Hülfsmittel im Interesse der Art zur Bildung weniger Sporen aufbot dadurch, dass er an seiner Spitze zum Fruchtträger wurde[2]). Etwas anders ist das Verhalten eines nicht zu grossen Myceliums, wenn man ihm langsam und vorsichtig den Culturtropfen entzieht, es aber im dunstgesättigten Raume belässt. Je langsamer das Wachsthum an den Spitzen durch mangelnde Nahrung fortschreitet, je mehr die Luft mit dem Mycelium in directe Berührung tritt, um so mehr gehen die Aeste des Myceliums in Fruchtträger über und um so näher rücken sie der Spitze (Taf. II, Fig. 7a). Endlich werden alle Aeste

[1]) *Link*, Observationes in ordines plantarum naturales S. 19. Ich will hier noch kurz bemerken, dass ebenso wie directe Beobachtung auch Culturversuche mit einzelnen Sporen des Coremium zeigen, dass dasselbe sogleich wieder gewöhnliches Penicillium bildet, wenn man es weniger ernährt.

[2]) Ich habe hier auf die Abbildungen verwiesen, wie sie von den Ascussporen des Penicillium herrühren, die wir erst später genauer kennen lernen werden. Die Bilder stimmen genau mit denen aus den Conidiensporen überein, die der Einfachheit wegen nicht extra gezeichnet sind.

und auch die Spitze des Mycelfadens zu Fruchtträgern, jeden weiteren Beweis ersparend, dass die Fruchtträger nicht besondere Bildungen des Myceliums sondern gewöhnliche Aeste desselben sind, die, wenn sie mit der Luft in directe Berührung kommen, ihr Längenwachsthum einstellen können, um dafür ihren protoplasmatischen Inhalt zur Sporenbildung zu erschöpfen (Taf. II, Fig. 7b).

Mit wenig Mühe kann man sich ein Bild der wechselnden Gestalt und Gliederung der Fruchtträger, wie sie je nach der Ueppigkeit auf den Mycelien erscheinen, verschaffen; es soll dies hier der Vollständigkeit wegen nicht unterlassen werden. — Im einfachsten Falle bei der kümmerlichsten Ernährung entsteht auf der Spitze des Fruchtträgers, der ganz unverzweigt bleibt, eine Basidie, die eine einzige Reihe von Sporen hervorbringt (Taf. II, Fig. 8, 1). Ich fand sie nur einige Male ganz allein, häufiger in Gesellschaft von mehreren Basidien, deren Zahl bis zu 6—8 hinaufsteigt (Fig. 8, 2). Diese Formen unverzweigter Fruchtträger sind Kunstproducte, die nur bei den vorsichtigsten Culturen gelingen. Der Regel nach verzweigt sich der Hauptfaden, der erste Seitenast wird immer, wie wir schon sahen, von der nächst unteren Gliederzelle unmittelbar unter der Scheidewand gebildet. Er stellt sich in der Zahl der Basidien[1]), die bis auf 12—16 wachsen kann, gleich fruchtbar der Spitze der Hauptaxe an die Seite (Fig. 8, 3). Es können von derselben Gliederzelle noch 2—8 weitere Aeste angelegt werden, die alle die gleiche Länge wie die Hauptaxe erreichen und sie unkenntlich machen. Der Fruchtträger trägt in diesem Falle eine Rosette von Aesten an seiner Spitze, die alle in derselben Höhe inserirt sind, und jeder Ast endigt mit einer Rosette von Basidien in wechselnder Zahl (Fig. 8, 4 und 5). Auch auf diesem Punkte der Entwicklung bleiben nur wenige Fruchtträger stehen. Es ist gewöhnlich auch die zweite Gliederzelle fruchtbar. Der hier nur in der Einzahl, wiederum genau unter der Scheidewand entspringende Ast wächst bis zur Höhe der Axe, er theilt sich

[1]) Die Zahl der Basidien ist bisher nicht richtig gesehen worden, weil man die Präparate immer nur von einer Seite angesehen hat; sie ist viel grösser als es in seitlicher Ansicht scheint. Um sich mit Sicherheit von ihrer Zahl zu überzeugen, muss man die Fruchtträger möglichst von den Sporen befreien und aufrichten, so dass man von oben in sie hineinsehen kann. Dabei ist es natürlich der Uebung und der Routine des Beobachters vorbehalten sich vor Irrthum zu schützen, wie er leicht entstehen kann, wenn die Sporen nicht genügend entfernt oder zwischen die Basidien gefallen sind, wo sie von oben besehen das Ansehen der Basidie haben.

durch eine Scheidewand in eine End- und Gliederzelle, die letztere bleibt selten steril (Fig. 8, 6), bildet Seitenäste wie die Hauptaxe, wir bekommen also einen gegliederten Hauptfaden mit gegliedertem Seitenaste (Fig. 8, 7—9). Die Zahl der Glieder kann an beiden gleich (Fig. 8, 8) oder ähnlich (Fig. 8, 7 und 9) sein. Endlich vermag auch die dritte Gliederzelle des Hauptfadens auszutreiben und zu noch bedeutenderer Gliederung auszuwachsen wie der nächstobere Seitenast[1] (Fig. 8, 10). Es ist Regel, dass die unteren Seitenäste, die in der Einzahl auftreten, in ihrer Stellung alterniren nach rechts und links, und dass sie um so reicher gegliedert sind, je tiefer sie an der Hauptaxe auftreten. Die Fruchtträger entwickeln sich centripetal im Gegensatze zu den Mycelien, die Spitzenwachsthum haben, wie schon *Loew* richtig erkannt hat. Ein Mycelfaden wird zum Fruchtträger, indem er an seiner Spitze zu wachsen aufhört und nun in seinen Segmenten von unten nach oben austreibt.

Erst jetzt sind wir in der Lage einen Vergleich anstellen zu können zwischen der Gliederung und Entwicklung eines Myceliums und Fruchtträgers von Mucor einerseits, soweit wir sie aus dem ersten Hefte der Schimmelpilze kennen und den jetzt geschilderten Vorgängen von Penicillium anderseits. Es ist dies aus mehrfachen Gründen nothwendig. Zunächst wird das Einzelne im weiteren Vergleiche besser verstanden und das Wesentliche erkannt, worauf Gewicht zu legen ist. Zweitens wird es sich zeigen, dass auch diese einfachen Organismen, die scheinbar nur aus einem Gewirr von Fäden bestehen, ebensogut nach bestimmten morphologischen Gesetzen aufgebaut sind als die höheren Pflanzen, dass ferner aus diesen Gesetzen tief greifende Unterschiede hervorgehen, die man bisher, wo man die Mycelien und den Aufbau der Fruchtträger weniger berücksichtigte, ganz übersehen hat und dass weiter mit diesen Unterschieden, die sich nach der angegebenen Culturmethode leicht feststellen lassen, zugleich ein vollkommenes Bild, ein richtiges Verständniss von dem Leben des ganzen Pilzes gewonnen wird[2]. Endlich drittens

[1] Alle die Formen der Fruchtträger von Fig. 8, 2—10 sind aus verschiedenen Culturen entnommen von demselben Sporenmateriale. Sie sind, wie auch Coremium, zufällige Veränderungen nach der Ernährung ohne jede Constanz, wie ich in den zahlreichsten Culturen noch ausserdem festgestellt habe.

[2] Untersucht man bei den Pilzen nur die Fruchtträger und nicht die Mycelien, so verfährt man wie ein Botaniker, der von den höheren Pflanzen nur den oberirdischen Theil berücksichtigt, sich dagegen um Alles, was in der Erde steckt, gar nicht kümmert.

werden wir daraus überzeugend erkennen, wie die früher genannten Mycologen, die Penicillium erforschen wollten, indem sie den einfachen sicheren Weg der Untersuchung verliessen, in Irrthümer gerathen sind, die geradezu ins Gebiet des Unbegreiflichen fallen.

Die Sporen von Mucor[1]) keimten nach starker Anschwellung mit der Bildung mehrerer Keimschläuche, die an Durchmesser der geschwollenen Spore gleich wurden und ihre Unterscheidung mehr nach der Lage, als durch ihre Grösse möglich machten. Der Inhalt der Keimschläuche bestand aus einem schäumigkörnigen Protoplasma mit grossen Vacuolen. Die Keimschläuche wuchsen zunächst in wenig abnehmender Dicke, die sich auf 0,0570 Mm. belief, zu einem verzweigten Mycelium heran. Die Zweige entstanden am Mycelium, durch seitliche Ausstülpungen der Fäden, deren Enden durch Spitzenwachsthum weiterwuchsen ohne alle Scheidewände, ohne jede Unterscheidung von Scheitel- und Gliederzellen. Die Seitenzweige nahmen sofort den Charakter der Hauptzweige an und bildeten in ihrem Verlaufe neue Auszweigungen, die wiederum Zweige höheren Grades durch Ausstülpung hervorbringen konnten, bis endlich ein grosses Mycelium aus zahlreichen durch und über einander gewachsenen Fäden entstanden war. Die Mycelfäden nahmen in ihren Verzweigungen erst allmählich an Stärke ab und endeten schliesslich als sehr feine Hyphen. Noch in diesem Stadium war das ganze Mycelium eine einzige Zelle ohne irgend eine Gliederung durch Scheidewände. Nun erst trat an dem ausgewachsenen Mycelium eine Aenderung im protoplasmatischen Inhalte ein, der dunkler und körniger wurde. Das Mycelium beschloss sein Leben, indem es in seiner Mitte einen grossen Fruchtträger bildete, in den der Inhalt des Myceliums hineinwanderte. Er wurde bis auf unverwendbare körnige Reste zur Ausbildung des Fruchtträgers verbraucht. Erst nach der Entleerung des Myceliums waren vereinzelte nachträglich gebildete Scheidewände vorhanden, es stellte nach Vollendung des Fruchtträgers eine leere Haut dar[2]).

---

[1]) *Brefeld*, Schimmelpilze I. Heft. Zygomyceten. Mucor Mucedo. Seite 11—13 und Taf. I, Fig. 1—3.

[2]) Die Mucorinen haben den Charakter von monocarpischen Pflanzen, wenn man den Verlauf von kleinen Mycelien sieht. Wesentlich anders stellt sich aber die Sache heraus, wenn man grosse Mycelien erzeugt oder vielmehr, wenn man die Mucorsporen (Mucor Mucedo z. B.) in unbegrenzte Nährlösung einbringt, hier entstehen Mycelien bis zu drei Zoll Durchmesser aus einer einzigen

Hiergegen sind die Formenverhältnisse, der Inhalt, die morphologische Gliederung bei Penicillium von der keimenden Spore an durchaus andere. Die keimende Spore mit ihren Keimschläuchen steht in der Grösse und Stärke der Fäden um das 7—8fache gegen Mucor zurück. Die Keimschläuche erreichen an Durchmesser nie die Keimspore, die immer erkennbar bleibt. Sie gliedern sich bald nach ihrer Geburt und wachsen durch Scheitelwachsthum der Endzelle fort. Von dieser werden durch seitliche Ausstülpungen Zweige gebildet, denen sich später eine zweite Reihe ganz gleicher Verzweigungen zugesellt, die ausschliesslich aus den Gliederzellen hervorgehen. Beide Formen der Seitenzweige wachsen nach dem Bildungsplane des Hauptfadens. Eine allmähliche Abnahme in der Stärke der Mycelfäden bis zur Fructification ist nirgends wahrzunehmen, die sämmtlichen Fäden sind im Gegentheile von ebenmässiger Dicke und der jüngst geborene Ast kommt gleich mit den Dimensionen seiner Mutterzelle zur Welt. Mit dem Beginn der Conidienbildung, die schon sehr früh am Mycelium eintritt, ist keine Veränderung an ihm sichtbar, noch auch die Bildung der Fruchtträger an irgend eine bestimmt ausgeprägte Entwicklungsphase desselben gebunden. Beliebige Seitenzweige des Myceliums, die an die Luft treten, beschliessen ihr Längenwachsthum und werden zu sporenabschnürenden Fruchtträgern. In Uebereinstimmung hiermit ist mit dem Beginn der Fructification kein Lebensabschnitt in der Entwicklung gekennzeichnet, noch sind die Fruchtträger besondere allein für den Zweck der Fructification vom Mycelium gebildete Organe, deren Ausbildung eine Erschöpfung resp. einen Lebensabschluss des Myceliums oder relativ begrenzter Myceltheile in sich schliesst, weil deren Protoplasma für

---

Spore, im Laufe von 5—8 Tagen. Die Fructification beginnt nicht ganz gleichzeitig, in der Mitte des Myceliums etwas früher wie am Rande, es kann sogar der Rand noch etwas weiter wachsen, wenn in der Mitte die Fructification im Gange ist. Es entstehen mit einem Male hunderte von Fruchtträgern und zwar in der Art, dass sich das Mycelium im Momente wo es fructificiren will in so viele Abtheilungen durch Scheidewände theilt, als Fruchtträger angelegt werden sollen. In jeder Abtheilung des Myceliums, die also durch Scheidewände begrenzt ist, wird nun ein Fruchtträger gebildet und dazu alles Protoplasma aus demselben genau so verbraucht wie aus einem kleinen Mycelium, welches nur einen Fruchtträger bildet. Es können nun durch mehrere Tage neue Fructificationen entstehen, wenn einige kleine Randparthien von derselben ausgeschlossen bleiben und weiter wachsen, bald aber fructificiren sie auch, wiewohl sie noch hinreichende Nahrung finden könnten zum Weiterwachsen. Ich deute hier diese Verhältnisse nur kurz an, sie werden bei der späteren Behandlung der Mucorinen eine speciellere Besprechung finden.

sie verwendet wird. Es bleiben mit der Fructification alle Theile des Pilzes lebensfähig und wachsen unbegrenzt fort soweit die Nahrung reicht, auf ihren Wegen immer neue zahlreiche Fruchtträger erzeugend, die oft in dichten Coremiumbündeln vom Mycelium sich erheben. — Vorzugsweise hierin, dass bestimmte scharf abgesetzte biologische Momente nicht im Leben des Penicillium zu unterscheiden sind, dass eine Trennung von vegetativem und fructificativem Leben hier nicht existirt, dass beide nebeneinander je nach der Nahrung unbegrenzt fortdauern, liegt, das mag hier nebensächlich angedeutet sein, die grosse Bedeutung und die zerstörende Kraft des Pilzes im Haushalte der Natur.

Uebersehen wir auf einmal den Lebensabriss beider Pilze, soweit er hier in Kürze angedeutet ist, so springt ihre grosse Abweichung von einander, der grundverschiedene Bildungsplan beider sofort in die Augen und lässt nicht den mindesten Zweifel bestehen, dass sie, auch wenn wir von ihrer weiteren Entwicklung nichts wüssten, soweit im Pilzsystem von einander stehenden Gliedern angehören müssen, wie etwa die Nadelhölzer, Mono- und Dicotyledonen.

Es dürfte hier am Schlusse des ersten Abschnittes der Arbeit gestattet sein auf eine Zeichnung (Taf. VIII, Fig. 52) hinzuweisen, die zur Illustration des Pleomorphismus den Zusammenhang von Mucor und Penicillium, wie er in der Natur vorkommt, darstellt: Penicillium c) parasitisch lebend im Sporangium (b) von Phycomyces (Mucor) nitens[1].

---

[1]) Penicillium kommt vielfach auf grösseren Pilzen der verschiedensten Art vor. Hier lebt es im Sporangium des Mucor, vorzugsweise in seiner Zwischensubstanz; später werden auch die Sporen verzehrt. Man erhält Präparate dieser Art sehr leicht, wenn man üppige Mucorculturen, in die man von vornherein Penicillium mit ausgesäet hat, sehr lange im feuchten abgeschlossenen Raume stehen lässt. Es gelangen dann von selbst Penicilliumsporen auf die Sporangien des Mucor zu einer Zeit, wo deren Membranen bereits zerflossen sind. (Siehe Zygomyceten, Mucor Mucedo Seite 15 und 16). Sie bleiben in Folge dessen dort kleben, gelangen zur Keimung und dringen ohne Schwierigkeit mit ihren Keimschläuchen in die Sporangien ein. In ihrem Innern bilden sie ein Mycelium, welches auch in den Fruchtträger hinabsteigt und schliesslich aussen reich fruticirt.

V. Geschlechtliche Fortpflanzung von Penicillium und seine zweite ungeschlechtliche Generation.

In allen Fällen der Culturen von Penicillium, die wir bis jetzt kennen gelernt haben, kam dessen Entwicklung nicht über die Bildung von Propagationsorganen, von ungeschlechtlichen Fruchtträgern hinaus. Diesen Fällen schliessen sich mit gleichem Resultate alle früheren Beobachtungen an, die andere Mycologen, *de Bary*, *Tulasne* etc. gemacht haben, ferner eine zahllose Reihe weiterer Untersuchungen, die ich allein zum Zwecke der Auffindung der geschlechtlichen Befruchtung und der mit dieser verbundenen zweiten Generation des Pilzes unternahm. Es wurden Aussaaten von Conidiensporen auf alle erdenkliche Substrate, künstliche und natürliche, gemacht, der Pilz und sein Mycelium aufs sorgfältigste untersucht; es fand sich immer dasselbe, der ganz gewöhnliche Fruchtträger auf ihm vor[1]). Seine unveränderte Wiederkehr gab mitunter, wohl leicht erklärlich, der Vermuthung Raum, der Pilz könne entweder überhaupt nicht bis zur geschlechtlichen Differenzirung kommen, oder er habe unter veränderten Umständen im Laufe der Zeit die einst besessene Fähigkeit verloren. So sehr auch in gewissen Momenten die Versuche den Charakter vergeblicher Arbeit

[1]) Auch anderweitige Ideen, welche in den Grenzen der Möglichkeit lagen, wurden realisirt. So war es denkbar, dass erst nach langen Generationen ungeschlechtlicher Fortpflanzung eine geschlechtliche eintrete, dass man demnach bei der Aufsammlung von Sporen, die auf den verschiedensten Substraten, an den verschiedensten Stellen sich vorfanden, endlich einmal auf ein günstiges Material stossen könnte. Mit solchen Sporen nun, die von beliebigen Orten gesammelt waren, wurden weitere Versuchsreihen etablirt; — aber alle ohne irgend einen Erfolg.

annahmen, ihre weitere consequente Durchführung behielt bei jeder richtigen und gründlichen Ueberlegung die Oberhand.

Ich zog schliesslich von einem weit hergeholten Gedankengange Vortheil, der seinen Ursprung auf rein physiologischem Boden hat. Es war durch die vielseitig erschöpfenden Versuche nahegelegt, dass das Substrat nicht von allein massgebender Bedeutung auf den Verlauf der Entwicklung des Pilzes sein könne, ebenso einleuchtend war es auch, dass in dem Pilze selbst der Mangel einer geschlechtlichen Differenzirung nicht wohl zu suchen sei; um so wahrscheinlicher wurde es dagegen, dass ein dritter Factor, nämlich der Sauerstoff der Luft, eine besondere Rolle spiele. Die Lebensthätigkeit der Pilze steht unter dem directen Einflusse des Sauerstoffs der Luft, ebenso wie die der grünen Pflanzen. Von diesen unterscheiden sich die Pilze dadurch, dass sie die organische Nahrung nicht selbst in sich erzeugen, die zu ihrem Unterhalte nöthig ist, dass sie diese vielmehr als gegeben voraussetzen. Darum bedürfen auch die Pilze nicht des Lichtes zu ihrer Ernährung (wodurch ja mit Hülfe des Chlorophylls in den Blättern höherer Pflanzen die organische Substanz aus der Kohlensäure der Luft und Wasser erzeugt wird), sie bedürfen nur des Sauerstoffs der Luft und gegebener organischer Substanz, um ganz in Uebereinstimmung mit allen anderen Pflanzen durch einen lebhaften Oxydationsprozess, durch Respiration die nöthigen Kräfte zu gewinnen, die ihre Lebensthätigkeit bedingt. Wir besitzen also in dem mehr oder minder mangelnden oder stärker zutretenden Sauerstoff ein Regulativ, die Entwicklung bald in normaler Weise, bald in künstlich verlangsamtem Gange vor sich gehen zu sehen. Ebenso gibt uns der normale Verlauf der Entwicklung bei Penicillium in ungehemmtem Luftzutritte das Bild eines zu intensiven Lebensprozesses, der in seiner Beschleunigung eben nicht über die Bildung von Propagationsorganen hinauskommt. Wie mochte sich nun aber die Sache gestalten, wenn man der Luft resp. dem Sauerstoffe der Luft nicht mehr in so vollem Masse Zutritt gestattete? dies war die nächste Frage, die zu beantworten war. Ich hatte schon früher auf rein experimentellem Wege in dieser Art bei Eurotium Aspergillus glaucus eine so massenhafte Erzeugung von Perithecien[1]) mit fast gänzlicher Unterdrückung der Conidienträger zu Wege gebracht, dass hier etwas Aehnliches bei Penicillium denkbar war.

---

[1]) Ich werde hierüber später des Näheren referiren.

Es wurde zu den Versuchen ein Substrat gewählt, das schon früher bei den Zygomyceten vorzügliche Dienste geleistet hatte, von dem sich bestimmt annehmen liess, dass die Pilze, die auf ihm lebten, unter keinerlei Nahrungssorgen zu leiden hatten. Es ist das gewöhnliche, nicht gesäuerte grobe Brod. Ich besäete ein glatt abgeschnittenes Stückchen an seiner Unterseite an vielen Stellen mit beliebigen Penicilliumsporen und zwar in der Art, dass diese in einem Wassertropfen verbreitet behutsam mit einer flachen Nadel übertragen wurden. Ich bespritzte dann das Brod an den besäeten Stellen mit der Spritzflasche, damit die Sporen mehr ins Innere gelangen und in der grösseren Feuchtigkeit schneller und reicher auskeimen sollten. So vorbereitet legte ich das Brod mit der besäeten Seite auf eine glatte Unterlage, und sorgte dafür, dass auf dieser überall ein möglichster Anschluss des Brodes stattfand; sorgfältig bedeckt wurde die Cultur sich selbst überlassen. Nach Verlauf von etwa drei Wochen nahm ich das aussen ganz blau überzogene Brod von der Unterlage ab und bemerkte an seiner Unterseite hie und da in dem noch lebenskräftigen weissen Mycelium kleine Protuberanzen, die an anderen Stellen, wo sie sogar in kleinen Häufchen gesellig neben und übereinander sassen, noch deutlicher sich abhoben. Sie konnten von dem weissen Myceliüberzuge leicht befreit werden und entpuppten sich als feste harte Körper von nicht ganz runder Gestalt, in der Grösse und Farbe einem gelben Sandkorne ähnlich. Im Innern bestanden sie aus einem ganz normal gebauten farblosen Gewebe dickwandiger Zellen, wie man auf dünnen Querschnitten aufs deutlichste sehen konnte. Das Gewebe zeigte alle Eigenschaften pflanzlicher Cellulose und deutete zugleich in der starken Verdickung (Taf. IV, Fig. 20 u. 21) seiner Wände auf einen Ruhezustand hin, den die Pflanze, der sie angehörten, in dieser Gestalt angenommen haben musste. Diese Pflanze nun konnte aller Wahrscheinlichkeit nach keine andere sein als Penicillium selbst, da die Cultur durchaus rein und frei von anderen Pilzen geblieben war. Auch neue Versuche, die schnell in derselben Weise wiederholt wurden, bestärkten durch einen gleichen Befund diese Wahrscheinlichkeit, und da bei vielen anderen Pilzen in der Sclerotienform der Schlüssel zur weiteren Generation bekannter Massen gegeben ist, so war Grund vorhanden anzunehmen, dass dies auch in der gefundenen Dauerform für Penicillium der Fall sein könnte. Der sichere Beweis für diese Annahme war allein von einer vorsichtigen entwicklungsgeschichtlichen Untersuchung der gefundenen Gegenstände zu erwarten.

deren nächste Richtungen von selbst gegeben waren. Es handelte sich in erster Linie um die Fragen: Wie sind die betreffenden Körper entstanden? sind sie das Product einer geschlechtlichen Zeugung? welches ist ihre physiologische Bedeutung? Zur Lösung dieser Fragen mussten sie auf ihren ersten Ursprung zurückverfolgt werden. Es waren zweitens die Fragen zu beantworten: Was wird aus ihnen? und wie kann der Beweis unumstösslich gegeben werden, dass sie zu Penicillium gehören? Hier konnte der Erfolg nur durch vorsichtige weitere Cultur der fertig gebildeten Körper herbeigeführt werden.

Ehe ich an diese Aufgaben näher herantrete, darf ich nicht unterlassen anzuführen, dass einmal früher Sclerotien von Penicillium beschrieben worden sind und zwar um das Jahr 1840 von *J. H. Leveillé*[1]. Er fand kleine gelbe Körper, die er für Sclerotien nimmt, auf sehr alten Tamarinden, worauf sich Penicillium befand, zu dem er sie ohne weiteres rechnet. Ich lasse die betreffende Stelle unten folgen[2] und überlasse dem Leser das Urtheil selbst, ob und in wie weit er die Annahme *Leveillé's* begründet findet. Mir ist es, auch nachdem ich die Bedingungen für das Auftreten der Sclerotien an Penicilliummycelien festgestellt hatte, niemals gelungen auf saurem Substrat, auf Früchten

---

[1]) *J. H. Leveillé*, sur les Sclerotium. Annales des Sciences naturelles 2. Serie Tome XX, 1843.

[2]) Chez un pharmacien de Paris, en regardant, il y a quelques années, un vase renfermant de la pulpe de Tamarin, nous vîmes que toute la surface était recouverte de Penicillium glaucum. Tout le monde sait avec quelle malheureuse rapidité cette petite cryptogame se développe sur les substances animales et végétales. Nous prîmes une portion de cette pulpe: elle était remplie de corps rouges, qui avaient la couleur des semences du tamarin. Dans le fond du vase, ils étaient réunis et formaient des masses irrégulières, lobées, rouges en dedans et en dehors; leur consistance était ferme et cassante. Ces tubercules, exposés à l'air, se couvrirent de Penicillium. Lavés et brassés à differentes reprises, ils donnèrent constamment naissance à la même plante; enfin, coupés par morceaux, le Penicillium se reproduisit encore, mais toujours à la surface externe, et jamais sur la chair même. Ces observations furent réitérées un grand nombre de fois, et toujours avec le même résultat. Nous fûmes alors dans la nécessité de considérer ses tubercules comme des Sclérotes qui servaient de couche au Penicillium glaucum, comme Battarra l'avait été autrefois de regarder la Pietra fungaia comme la souche du Boletus tuberaster, parce qu'en multipliant et en variant ses expériences, il n'avait jamais obtenu de cette prétendue pierre que la même espèce de Champignon. Il est vrai qu'on observe constamment le Penicillium glaucum sans le moindre vestige de Sclérote; nous ne devons donc voir dans ce fait qu'une exception, mais ce n'est cependant pas la seule Mucédinée qui soit dans ce cas.

jeglicher Art, auch Tamarinden Sclerotien hervorzubringen; vegetabilische Säure in grösseren Mengen wirkt einer normalen Entwicklung auch bei andern Pilzen entgegen.

Erinnern wir uns des Vorkommens der gefundenen Sclerotien (so will ich sie fortan kurz bezeichnen) in dem dichtesten Hyphengeflechte des Myceliums, so musste es fast unmöglich scheinen die ersten Anfänge an einem oder doch höchstens zwei Fäden in solchem Dickicht aufzufinden; ja es war geradezu absurd auch nur darnach zu suchen, da man ja vorher gar nicht wissen konnte, ob an den betreffenden untersuchten Stellen überhaupt nur Sclerotien sich bilden würden. Gleichwohl liess ich mich nicht davon abhalten wenigstens einen Versuch zu machen und legte mir daraufhin die Vorbedingungen klar auseinander, die als unerlässlich für einen Erfolg zuerst erfüllt sein mussten. Sie bestanden erstens in einer genauen Kenntniss darüber, wann, an welchem Tage die ersten Anfänge der Sclerotien, wie sie die Untersuchung erforderte, zu suchen sein würden, und an welchen Stellen des Myceliums dies geschehen müsse; zweitens in einer verbesserten Methode der Cultur durch die es möglich zu machen wäre, das Auftreten der Sclerotien an eben diesen Stellen mit Sicherheit vorhersagen zu können; weiter müsste dies Auftreten in solcher Masse herbeigeführt werden, dass einerseits die störende Conidienbildung unterbliebe, anderseits in der Masse alle möglichen Uebergänge vom ersten Anfange an gegeben wären, die eine Täuschung bei so kleinen Gebilden ausschlössen. Es mag mir gestattet sein hier zu bemerken, dass ich allein für diesen Punkt anderthalb Jahre unausgesetzt Penicillium (in Masse) auf Brod cultivirt habe, bis ich endlich eine so massenhafte Fruchtbildung zu Wege brachte, dass ein erheblicher Theil des Substrates zur Bildung der Sclerotien verbraucht sein musste, dass sie in Gestalt einer continuirlichen dicken Kruste zu Tausenden die ganze Oberfläche des Brodes bedeckten. Vielleicht wird es nicht ohne Interesse sein einen Augenblick bei den Schwierigkeiten zu verweilen, die hier zu überwinden waren. — Wie schon früh ermittelt wurde, fällt die Zeit, wann die Sclerotien mit blossem Auge erkennbar werden, auf den neunten bis zehnten Tag nach der Aussaat, im Winter ein bis zwei Tage später. Wie weiter bald erkannt werden konnte, ist die üppigste vegetative Entwicklung des Myceliums eine absolute Nothwendigkeit für ihre Bildung. Diese beiden Thatsachen fassten also die Förderung in sich, die Mycelien diese lange Zeit hindurch ungestört zum Höhepunkte ihrer Entwicklung

zu führen und erst dann in dieser Zeit den Zutritt des Sauerstoffes zu vermindern. Nun zersetzen sich aber bekannter Massen alle Substrate durch Gährung oder Fäulniss dann, wenn sie feucht sind, wie es hier nothwendig ist, schon nach 4—5 Tagen und hierin liegt wohl mit der Grund, wesshalb Penicillium in allen bisher beobachteten Fällen niemals in Sclerotienbildung getroffen ist. Es mussten also Hefe und Bacterien ausser Wirkung gesetzt werden, die fast überall und gar erst im Brode (auch dem gut durchgebackenen) immer noch vorhanden sind oder unvermeidlich bei dem Ansetzen der Cultur hineinkommen. Dies Geheimniss erkannte ich erst nach zehnmonatlichem vergeblichen Cultiviren, bei dem ich immer noch von dem Irrthume befangen war, in dem Brode selbst, in seiner physikalischen Beschaffenheit etc. liege die Ursache mangelhafter oder stellenweise totaler Missärnte. Es kommt alles darauf an, den Feuchtigkeitszustand des Brodes geschickt im Einklange mit der Kenntniss der Entwicklung des Pilzes zu regeln. Ist das Brod im Anfange nur über einen gewissen Punkt hinaus feucht, so treten bald Hefe und Bacterien in Wirkung, es bilden sich Säuren, und Penicillium kann nicht gedeihen wie es soll; es geschieht dies aber nicht, wenn man das nöthige Wasser nicht sogleich, sondern je nach Bedürfniss anfangs wenig und dann allmählich mehr zusetzt. Es dauert 2—3 Tage, bis Penicillium ein kleines Mycelium bilden kann und nun erst wasserbedürftiger wird, während für die ersten Tage einige Tropfen ausreichen, die man aus der Spritzflasche auf die besäeten Stellen fallen lässt. Die Culturmethode wurde in Berücksichtigung aller angegebenen Umstände ohne Mühe ausgeführt. Ich besäete in der früher beschriebenen Weise beide Seiten glatt abgeschnittener etwa ½ Zoll dicker Stücke frischen Brodes, liess einige Tropfen destillirten Wassers darauf fallen und einsaugen. Mit dem dritten Tage wurde dem frei unter einer Glocke liegenden Brode des Morgens und Abends erst eine gelinde, an den folgenden Tagen allmählich gesteigerte Bespritzung zutheil, dabei öfters umgedreht, dass das Wasser sich gut vertheile. Am sechsten bis siebenten Tage, je nach der Wärme der Jahreszeit, trat die Entwicklung des Myceliums mit solcher Energie ein, dass die ganze Luft der Glocke erwärmt wurde und die Temperatur des Brodes auf 35° R. stieg. Nun erst, ehe noch die Bildung der Conidienträger erkennbar wurde, klemmte ich das Brod zwischen zwei Glasplatten ein, um dadurch den Luftzutritt und die Erzeugung des gewöhnlichen Penicillium zu behindern. Es erschöpfte sich der grösste Theil der Mycelien, ganze Strecken

ausschliesslich, in Sclerotien, die nun vom ersten Momente ihrer Entstehung an bis zur völligen Ausbildung in grossen Massen zu ärnten waren.

Mit dem siebenten Tage zeigen sich die Anfänge der Sclerotien; sie sind durch die verdeckenden Glasscheiben hindurch mit zwanzigfach vergrössernder Lupe in Gestalt weisser Flöckchen mit Leichtigkeit zu finden. An günstigen Stellen gelingt es sie abzunehmen; doch sind sie schon zu weit entwickelt für die allerersten Stadien, die man natürlich nicht sehen kann und welche beim Abheben der Fäden durch unvermeidliche Verwirrung unkenntlich werden. Dem Uebelstande abzuhelfen und zugleich auf einmal viele Zustände zu haben, führte ich mit einem sehr scharfen Messer, dessen Schnittfläche ganz flach aufgelegt und horizontal in einer Ebene geführt werden konnte, möglichst dünne Flächenschnitte aus, entfernte die Luft und färbte die Schnitte mit Anilin. Es hat die Eigenschaft grade die jungen Sclerotienanlagen besonders dunkel zu färben und scharf in dem Geflecht von Fäden, das in den feinen Schnitten einem mässig verzweigten Mycelium glich, hervortreten zu lassen. Die ersten Zustände, welche ich unterscheiden konnte, bestehen aus einem schraubenförmig gewundenen Körper, der einem etwas dicken reich gegliederten Mycelfaden aufsitzt. Die Windungen des Körpers sind deutlich aus zwei verschieden schlauchförmigen Zellen gebildet (Taf. III, Fig. 10). Diese sind dicker wie gewöhnliche Mycelfäden und neigen, da sie sich in entgegengesetzter Richtung verschlungen haben, ihre Spitzen nach 1—1½maliger Umdrehung gegen einander. Ich muss es dahin gestellt sein lassen, ob eine Verschmelzung beider Zellen, eine Copulation eintritt oder nicht, ebenso auch die zweite Frage, ob die zu einer kurzen Schraube verschlungenen zwei Zellen an einem und demselben Faden wie es ganz den Anschein hat, oder an zwei verschiedenen entsprungen sind. Es ist dies desshalb nicht festzustellen, weil man nicht einen einzigen Faden wie bei Eurotium, Ascobolus und Gymnoascus[1]) etc. vor sich hat, den man beliebig drehen kann, um die Lücken in der Beobachtung einer Ansicht durch vielseitiges Ansehen zu ergänzen, sondern hier ein Geflecht von Fäden vorliegt, welches man durch

---

[1]) *De Bary* und *Woronin:* Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pilze III. Reihe, *de Bary:* Eurotium.

Beiträge IV. Reihe *Woronin:* Ascobolus pulcherrimus.

Baranetzky: Botanische Zeitung 1872, No. 10, Entwicklungsgeschichte von Gymnoascus.

Drehen verwirrt, an dem jede Präparation unmöglich ist, zumal man nicht einmal bei 300facher Vergrösserung die kritischen Stellen deutlich sehen, viel weniger mit dem Präparirmikroskop unterscheiden kann; doch ist die Entscheidung dieser Punkte von untergeordneter Bedeutung, die unzweifelhafte Uebereinstimmung des gefundenen schraubenförmigen Körpers mit den genau untersuchten Geschlechtsorganen bei Eurotium von *de Bary*, der massgebenden Arbeit über die geschlechtliche Befruchtung bei den Ascomyceten und den geschlechtlichen Ursprung der Perithecien, und denen von Gymnoascus von *Baranetzky* ist vorläufig ausreichend, zumal es erwiesener Massen nicht nothwendig ist, dass zum Zwecke der Befruchtung eine wirkliche Copulation der Geschlechtszellen erfolgt. Wir werden wissenschaftlich berechtigt sein, den einen Theil der gefundenen Schraube als den männlich fungirenden als Pollinodium, den anderen als den weiblichen als Ascogon aufzufassen, wenn der Beweis beigebracht werden kann, dass mit ihnen die Hauptfunction der Geschlechtsorgane, eine Befruchtung verbunden ist. Der Beweis ist nur dadurch möglich, dass unzweifelhaft gezeigt wird, dass als Folge vollzogener Befruchtung eine der Zellen der Schraube alle die Functionen übernimmt, die wir von einem befruchteten weiblichen Organe zu fordern berechtigt sind. Sie bestehen darin, dass dem weiblichen Organe die Fähigkeit übertragen wird, zu einem neuen Individuum, zu einer neuen Pflanze heranzuwachsen, die dann als Product einer geschlechtlichen Zeugung anzusprechen ist. Kurz gesagt, es muss die neue Pflanze, die später mit der zweiten der ungeschlechtlichen Sporengeneration bei den Pilzen wie bei allen Pflanzen endet, in ihrer allmählichen Entwicklung direct von dem Ascogon, der befruchteten weiblichen Zelle hergeleitet werden. Es soll hier lückenlos geschehen.

Bald nach der Verschlingung der Geschlechtsorgane, welche in ihrer Gestalt mehr denen von Gymnoascus als von Eurotium ähnlich sehen, beginnt ein Theil der Schraube, und diesen müssen wir für das Ascogon halten, als Zeichen stattgefundener Befruchtung auszuwachsen, Schläuche zu treiben, die an Durchmesser und Inhalt der Mutterzelle durchaus ähnlich sind (Taf. III, Fig. 12 und 13aa). Während dies geschieht leitet gleichzeitig der Faden, auf dem die Geschlechtsorgane sitzen, offenbar in Folge der Befruchtung eine reiche Zweigbildung

(Taf. III, Fig. 11—13bb) ein. Das Wachsthum dieser Fäden, die wir im Gegensatze zum austreibenden Ascogon, sterile Fäden nennen wollen, ist ein auffallend schnelles. Das Ascogon wird von ihnen umwachsen und umschlossen, das Ganze stellt in diesem Zustande einen Fadenknäuel dar (Taf. III, Fig. 13), der einer directen Beobachtung zum Aufschlusse über seine innern Vorgänge in den nächsten Stadien schon nicht mehr zugänglich ist. Wenn man ihn aufhellt mit Glycerin oder Ammoniak, auch Kalilösung, so sieht man nur ein Geflecht von Fäden. Eine strenge Unterscheidung in diesem Geflechte ist wegen seiner Dichtigkeit nicht leicht möglich und diese Dichtigkeit resultirt aus dem unglücklichen Zustande, dass das sogleich auswachsende Ascogon mit seinen Fäden in die Verschlingung des Ganzen sofort eingeht. Hier liegt die Schwierigkeit der weiteren Untersuchung, in der man sich ganz unmöglich zurechtfinden kann, wenn man nicht die allerersten Zustände erklärend zu Hülfe hat.

Bei Eurotium, Ascobolus etc. ist die Sache wesentlich anders und einfacher. Es bleibt das befruchtete Ascogon in ganz unveränderter Gestalt liegen[1]) bis die sterilen Fäden, die sich bald zum Gewebeverband schliessen, um dasselbe ein Perithecium gebildet haben. Hier kann man durch blosses Aufhellen mit Kalilösung den ganzen Geschlechtsapparat unverändert in der Cupula liegen sehen, bis sie fertig ist[2]). Da nun viele vergebliche Versuche bei Penicillium die Aufklärung des Ganzen unmöglich erscheinen liessen, so blieb nur ein Weg offen die Untersuchung über diese Klippe hinwegzuführen, nämlich die jungen Sclerotien zu durchschneiden, um an günstigen Schnitten zu untersuchen, was an dem intacten Ganzen nicht gesehen werden konnte. Die Aufgabe war nicht eben leicht, da die jungen Zustände sehr klein und dabei noch weich sind. Ich schnitt in mehrfach erneuten Anläufen wochenlang und das Ende der mühe-

---

[1]) *De Bary:* Eurotium und Erysiphe. Beiträge. III. Theil, Taf. 1 und 2.
Janczewski: Bot. Zeitung 1871, No. 17 und 18. Ueber Ascobolus furfuraceus.

[2]) Es ist somit ein Irrthum gewesen, wenn ich in den jungen Sclerotien-Anlagen eine Schraube zu sehen vermeinte, wie ich in der vorläufigen Mittheilung in der Botanischen Zeitung angab. Die Vermuthung nach einer solchen Schraube war durch andere in der weiteren Untersuchung hervortretende Analogien mit Eurotium nahegelegt und nach manchen Bildern konnte man auf eine Schraube im Innern schliessen. Schlüsse, die aber vor schärferer Kritik, die ich aus der Fülle, aus Tausenden von Schnitten schöpfte, nicht bestehen bleiben konnten und die sofort umsanken, als endlich ein Zurückgehen zu jüngeren Zuständen möglich wurde.

vollen Arbeit war, dass ich auch hier nichts deutlich unterscheiden konnte. Zwei Umstände waren Schuld an diesem Misserfolge. Einmal waren die Schnitte nicht gut von gewünschter Qualität herzustellen, es musste ja eine Mittellamelle herausgeschnitten werden, die nach der Entfernung des beiderseitigen sterilen Geflechtes, eine Ansicht und Durchsicht desjenigen Theiles geben konnte, in dem sich das Ascogon befand. Dann behielten zunächst die constituirenden Theile des auswachsenden Ascogon und die sterilen Fäden beide die Fadengestalt bei und erschwerten ihre Unterscheidung noch um so mehr, als sie einen höchst fatalen glänzenden Inhalt führten, der ein Hineinsehen ins Innere förmlich abschnitt. Behandelte ich die Schnitte mit concentrirter Kalilösung, so schrumpften die Fäden ein, und mit dünner Lösung liess sich der Inhalt nicht merklich beeinflussen. Es wurden dann Alkohol, Aether, Essigsäure, kurz die besten Reagentien der Reihe nach und schliesslich alle gleichzeitig ins Feld geschickt, der Inhalt blieb und damit die Ansicht eine trübe. Die Untersuchung war bedroht an dieser Stelle eine Lücke zu behalten: sie wurde dennoch ausgefüllt als mich das verbesserte Culturverfahren in den Besitz eines zu verlockenden Materials setzte, um nicht noch einen Angriff zu machen. Ich schnitt in der geeigneten Zeit dicke Brocken von dem Brode, die fast nur aus jungen Fruchtträgern in allen Stadien der Entwicklung bestanden, durchtränkte sie ganz allmählich mit Gummiglycerin und liess sie trocken werden. Zwischen Hollundermark liessen sie sich in die feinsten Lamellen zerlegen und zwar ohne jede Verletzung. In der Masse von Schnitten konnte es an den gewünschten nicht fehlen, sie gaben zumal nach einem kurzen Aufenthalte in verdünnter Salzsäure Bilder von unzweifelhafter Klarheit.

Das Ascogon hatte, wie wir vorhin sahen, in der Zeit wo es in die sterilen Hyphen vergraben wurde, schon Aeste zu treiben begonnen (Taf. III, Fig. 12 und 13aa). Es lässt sich vermuthen, dass in etwas weiter entwickelten Zuständen die Verzweigung vorgeschritten ist, dass wir also auf einem geeigneten Durchschnitte das Ascogon in Gestalt einer verzweigten Hyphenmasse in der Mitte des sterilen Geflechtes vorfinden müssen. Der Thatbestand weicht kaum von der Vorstellung ab. Im Innern eines dichten Hyphengeflechtes (Taf. III, Fig. 14b), welches sich nach Aussen deutlich in der Fülle von Mycelfäden (c) abgrenzt, liegt das Ascogon (a) auf den ersten Blick unterscheidbar durch die Stärke seiner Fäden. Es ist in seiner Verzweigung schon soweit gediehen, dass

wir im Stande sind nicht nach blossem Ansehen, sondern nach bestimmten morphologischen Principien seine Verschiedenheit gegen das sterile Geflecht b zu begründen. In letzterem sind die Hyphen dünn, von 0,0030—0,0040 Mm. Dicke, aufs reichlichste verzweigt ordnungs- und regellos durch einander geflochten, in jedem Momente die Richtung ändernd, die höchstens auf die doppelte Weite des Durchmessers zu verfolgen ist; ausserdem sind die Fäden reich von Querwänden durchsetzt. Die ascogonen Fäden haben dagegen fast die doppelte Dicke = 0,0050—0,0070 Mm. Die Scheidewände fehlen, soviel sich beobachten lässt, in den Verzweigungen, sie sind nicht ordnungslos gewunden und verflochten, sondern auf weiten Wegen verfolgbar in schräger oder gerader Richtung der Peripherie zugewendet. Sichtbar dringen die ascogonen Fäden, in dem Maasse als sie weiterwachsen, in die Interstitien des sterilen Geflechtes ein, wobei, da hier die Zwischenräume ihrer Ausdehnung nicht entsprechen, an den nächst berührten Stellen ein Zusammendrücken desselben erfolgen muss. Das sterile Geflecht hat ausserhalb der ascogonen Fäden eine Mächtigkeit von 8—16 Hyphenlagen je nach der Ueppigkeit. Wir müssen dies berücksichtigen, um die Art der Vergrösserung der Sclerotien richtig zu deuten. Die Grösse der hier gezeichneten Sclerotien beträgt etwa 0,055—0,097 Mm.; bis zum fertigen Zustande, dessen Durchschnittsmaass sich auf 0,570 Mm. beläuft, müssen also die Elemente, wie sie jetzt vorhanden sind, um das 6—10fache zunehmen, oder es muss eine weitere Verzweigung oder Auflagerung von sterilen Hyphen erfolgen. Wenn wir vorgreifend einen Blick auf die fertigen Zustände der Sclerotien (Taf. IV, Fig. 20) werfen, so kann es keinem Zweifel unterliegen, dass die erste der Möglichkeiten hier allein zutrifft, das seine Vergrösserung des Sclerotiums von der Zeit an, wo die sterilen Fäden eine 8—16fache Dicke gebildet haben, nur durch Ausdehnung der vorhandenen Elemente zu Stande kommt. Wir können nun den ersten Vorgang am jungen Sclerotium nach eingetretener Befruchtung so fassen: das Ascogon wird von einer Fülle von sterilen Fäden eingehüllt, bis diese es in 8—10facher Lage umkleiden, während es selbst gleichzeitig durch zahlreiche Zweigbildung in das Geflecht der sterilen Hyphen und zwar in seine kleinen Zwischenräume hineinwächst. Ob nun die Enden der sterilen Fäden über den Fruchtkörper hinauswachsen und ihn von allen Seiten ernähren, oder ob sie eine geschlossene Lage bilden und die Ernährung nur durch die Mutterfäden allein geleitet wird, vermag ich nicht zu

sagen. Es ist rein unmöglich, die am Umfange reichlich vorhandenen Fäden Taf. III, Fig. 14—17c) auf die Randfäden des Sclerotiums ursprünglich zurückzuführen, welche gerade besonders dicht verflochten sind. Unverletzt nach der Färbung mit Anilin besehen stellen die Sclerotien ein abgerundetes Ganzes dar, und es ist wenigstens möglich, dass nur die Fäden des benachbarten Myceliums um sie herumwachsen.

In den nächsten Zuständen, die sich den letzt betrachteten als Fortschritt in der Entwicklung anschliessen, ist die äussere Vergrösserung an der Erweiterung der inneren Elemente schon unverkennbar zu sehen (Taf. III, Fig. 15. 1). Die sterilen Hyphen (b) haben die noch zwischen ihnen vorhandenen Interstitien fast völlig ausgefüllt und sich, soweit es mit dem Fortwachsen der ascogonen Hyphen a) in der Raumverengung möglich wurde, zwischen diese eingedrängt. Man geräth bei der Ansicht des Schnittes schon in Schwierigkeit, ob man das sterile Geflecht, indem auch die Scheidewände mit der Erweiterung zuzunehmen scheinen, noch für ein solches seinem Ursprunge gemäss nehmen oder nicht schon als ein Gewebe von Zellen auffassen soll. Ein weiteres Auswachsen der ascogonen Fäden ist nicht anders als unter grossen Schwierigkeiten und zwar dadurch denkbar, dass ein sehr starkes Zusammendrücken der betroffenen sterilen Hyphen erfolgt. Gehen wir nur einen Schritt weiter in der Entwicklung, so ist die Bildung des Gewebes durch vollkommenen Zusammenschluss der Hyphen erfolgt (Taf. III, Fig. 16 und 17), das Gewebe besteht aus den Gliedertheilen der Fäden. In seiner Mitte verlaufen die Fäden des Ascogons (a), die nun nicht mehr durch ihre Grösse, vielmehr allein durch den fadigen Verlauf in einem pseudoparenchymatischen Gewebe (b) gekennzeichnet sind; ich will sie aus Zweckmässigkeitsgründen als ascogone Hyphen fortan bezeichnen. Sie vermögen in dem Gewebe nicht weiter vorzudringen, es würde sonst eine Zerstörung desselben eintreten und sichtbar sein müssen, welche nicht jetzt, sondern erst in einem viel spätern Stadium vor sich geht. Die Grösse der Zellen ist schon bald mit der Entstehung des Gewebes an den verschiedenen Stellen des Sclerotiums ungleich (Taf. III, Fig. 17, 1). Es sind diejenigen Zellen kleiner, die in der Umgebung der ascogonen Fäden (a) liegen, weil die früheren Hyphen (b) hier stark gedrückt wurden durch das Einwachsen derselben. Zu diesen schon früh hervortretenden Grössenunterschieden treten beim weiteren Wachsthume neue Gestaltveränderungen an andern Stellen hinzu. Alle Theile des sterilen

Gewebes nehmen an Ausdehnung zu, aber in bestimmten Partien, in verschiedenen Zonen in ganz verschiedenem Grade. Die im centralen Theile zwischen den ascogonen Fäden vorhandenen sterilen Zellen dehnen sich in geringerem Grade aus als die aussen gelegenen. Sie führen die ascogonen Fäden weiter aus einander, wobei diese nach Bedürfniss in die Länge wachsen; die um die Fäden zunächst liegenden Zellen, von vorn herein beim Eindringen der Fäden beengt, bleiben an Grösse am meisten zurück. Dagegen ist das Wachsthum der Zellen am stärksten in der Zone, die zwischen den peripherischen Lagen und dem centralen, von den ascogonen Fäden durchsetzten Theile, also an den Stellen sich befindet, wo diese nach aussen aufhören; es scheint übrigens hier, wie auch in der Mitte, ausschliesslich in der Vergrösserung der Zellen ohne eine weitere Theilung derselben zu bestehen. Durch dieses starke Wachsthum im Innern werden die peripherischen Theile unter einen Druck gebracht, der in radialer Richtung wirkt. Sie folgen dem Drucke durch Vergrösserung, welche aber hier mehr in tangentialer Richtung vor sich geht, und mit welcher, wie ich der Zahl und Ordnung nach glauben möchte, eine nachträgliche Theilung der Zellen verbunden sein kann. Im Gegensatze zu dem sterilen Gewebe nehmen die ascogonen Fäden nicht an Grösse zu, sie wachsen nur mit dem angrenzenden Gewebe in die Länge. So haben wir also (Taf. III, Fig. 17 und 18), wenn wir von Aussen nach Innen auf einem Querschnitt gehen, zunächst 5—8 Zelllagen tangential gestreckter Zellen, diesen folgen weitere, die bei 3—4facher Grösse eine isodiametrische Form besitzen, dabei aber etwas radial gerichtet sind, sie werden durchsetzt von den ascogonen Hyphen, deren jede von einer bis mehreren Lagen kleiner Zellen umgeben ist. Die Hyphen sind auch jetzt noch, soweit ich nach einer grossen Auswahl von Präparaten urtheilen kann, ungegliedert. Doch weiss ich nicht, ob man das ganze System von Fäden, wie es vom Centrum aus schräg oder radial nach der Peripherie verläuft, um dort in seinen Spitzen blind zu enden, als eine Zelle betrachten kann, da ich ja nur Theile des Ganzen in den Schnitten durchmustern konnte.

Die beschriebene Ausdehnung der Elemente schreitet fort, um an einem Punkte einem anderen Wachsthumsvorgange Platz zu machen. Beide gehen unmittelbar in einander über. In dem Momente, wo eine weitere Vergrösserung der Zellen aufhört, beginnt die Verdickung ihrer Membranen (Taf. III, Fig. 18), das Reifen der Sclerotien. Es fällt dieser Zeitpunkt

durchschnittlich auf den 5—6. Tag nach ihrer ersten Anlage; wir können also im Allgemeinen sagen, dass 12—14 Tage nach der Sporenaussaat von Penicillium ausgewachsene Sclerotien auf der Cultur vorhanden sein müssen, wenn deren Bildung überhaupt eingetreten ist. Die ersten Zeichen der Verdickung zeigen sich gleichzeitig an zwei Stellen, an der Peripherie in einer bestimmten Zelllage der tangential gestreckten Zellen und im Innern in den ascogonen Fäden selbst (Taf. III, Fig. 18ac). Nach Aussen ist sie mit einer Färbung der Membranen ins Gelbliche verbunden und bezeichnet zugleich die äussere Grenze des Sclerotiums. Es bleiben nämlich mehrere Zelllagen, die zu äusserst liegen, von der Verdickung ausgeschlossen und werden in Folge der Verdickung mitsammt der fadigen Hülle, die entweder andere Pilzfäden um sie gebildet oder die von der Aussenfläche des Sclerotiums selbst entstanden sein können, beim Beginn der Verdickung unter ihnen in dem Zusammenhange mit dem Sclerotium gelockert und später ganz abgestossen (a). Dies beweist anderseits aufs deutlichste, dass mit dem Reifen eine weitere Nahrungsaufnahme nicht mehr verbunden ist, dass vielmehr der Substanzaufwand der Verdickung aus dem Inhalte der Zellen allein bestritten wird. Im Zusammenhange hiermit strotzen sie dann auch im Beginn des Reifens von dem reichsten Inhalte, von einem fast körnchenfreien homogenen Protoplasma. Sein eigenthümlich starkes Lichtbrechungsvermögen hindert leicht eine klare Einsicht der Dinge. Sie ist nur auf Schnitten möglich, die eine Zelllage oder nur einen Bruchtheil derselben getroffen haben. Ich habe einen Schnitt dieser Art, an dem wohl nur ein gelinder Faltenwurf der noch zarten Membranen durch unvermeidlichen Druck beim Schneiden die einzige Abweichung von dem natürlichen Zustande sein dürfte, in Fig. 18 dargestellt.

Es ist von selbst klar, dass mit einer Grössenzunahme der Sclerotien um das 6—10fache und mit der Feinheit der Schnitte ein Längsverlauf der ascogonen Fäden seltener und auch dann nur auf kürzeren Strecken zu sehen sein wird, dass die Präparate aber um so reicher an Quer- und Schrägschnitten derselben sein müssen. Sie fallen sogleich auf durch ihre Lage und Umgebung als Centren kleiner Zellgruppen (Taf. III, Fig. 18a), deren Grösse und Form im Vergleich zur Umgebung nach dem Frühergesagten von selbst verständlich ist. In den ascogonen Fäden (a) hat die Membranverdickung begonnen, um nun von ihnen als Entwicklungscentren nach der Peripherie fortzuschreiten. Dasselbe ist aussen

in den tangentialen Lagen (c) der Fall; hier sind in centripetaler Richtung, also nach Innen gehend, mehrere Zelllagen von der Verdickung erfasst und Alles, was von Gewebselementen und Fäden (d) ausserhalb liegt, ist collabirt und an einzelnen Stellen durch den Schnitt abgelöst. Die Verdickung der Zellen trifft, weil sie von zwei Stellen in entgegengesetzter Richtung fortschreitet, schliesslich in der Mitte des Sclerotiums zusammen. Sie dauert so lange fort, bis der Inhalt der Zellen fast vollständig verbraucht ist und nimmt bis zur Vollendung 6—8 Tage in Anspruch. Ihr Ende wird auf den Culturen auch dem unbewaffneten Auge in schlagender Weise kund gethan. Es reisst nämlich die äussere weisse Hülle (d) in vielfachen Rissen auf und das farbige Sclerotium, glänzend in heller Farbe, tritt zu Tage. Seine Oberfläche ist rauch und uneben, ihr sind die Formen der peripherischen Zelllagen, die abgeworfen wurden in Form von Berg und Thal eingedrückt, und hie und da haften noch kleine Membranvorsprünge (Taf. IV, Fig. 20—24), die etwas von der Membranverdickung mit bekommen haben. Sie sind in der Masse sehr verschieden an Form und Grösse, je nachdem sie vereinzelt oder in grosser Gesellschaft gefunden werden. Dort sind sie von auffallender Grösse bis 0,870 Mm., hier klein = 0,1650—0,2300 Mm. und in dem dichten Gedränge oft mannichfach verwachsen (Taf. IV, Fig. 19ab). Die Verwachsungen treten schon früh in der Jugend zwischen den Elementen des sterilen Geflechts (Taf. III, Fig. 15, 4 und 17, 2) ein, sie sind wohl anfänglich nur ein Verflechten der sterilen Fäden, die später, wenn ihre Elemente sich so mächtig dehnen, zu Verwachsungen werden. Es können in dieser Weise 2—10 Fruchtkörper mit einander verschmelzen (Taf. IV, Fig. 19b). Auf Querschnitten enthält jedes Sclerotium seinen besonderen Embryo, dessen Fäden mit dem Vordringen sich begegnen und sogar übereinander hinaus wachsen können (Taf. III, Fig. 15, 4 und 17, 2). Sehr auffallend ist an den Sclerotien ihre Härte und Festigkeit; man ist kaum im Stande sie zu zerdrücken, doch lassen sie sich mit Leichtigkeit in die dünnsten Schnitte zerlegen, die das Endresultat der Membranverdickung zeigen. Sie ist am stärksten in den tangentialen 2—3 Zelllagen (Taf. IV, Fig. 20—24a), die gelb gefärbt sind in der Farbe des Korkes der höheren Pflanzen. Die gelben Lagen umfassen das Innere, das weiss ohne jede Färbung ist[1]). Seine Elemente sind überall stark verdickt, doch nicht so, dass wir sie

[1]) Ich bitte die hier gegebene Beschreibung mit der von den Sclerotien *Leveillé's* zu vergleichen.

nicht ohne Mühe wieder erkennen könnten, vornehmlich die Rosetten und Stränge kleiner Zellen (Taf. IV, Fig. 20—24cc) in dem grossmaschigen Gewebe (b), deren Unterscheidung für die fernere Untersuchung von grosser Bedeutung ist, da sie ja in ihrer Mitte die ascogonen Fäden enthalten. In Beziehung auf ihre Zahl, Anordnung und Verbreitung im Sclerotium verhält sich jedes von dem andern verschieden (Taf. IV, Fig. 20—24) bedingt durch die Nebenumstände, ob sich das Ascogon nach der Befruchtung reich oder nur wenig verzweigt hat, ob der Gewebeschluss etwas früher oder später zu Stande kam und dadurch das weitere Vordringen der ascogonen Aeste gehindert wurde. Nur selten sind ihre Spitzen bis nahe zu der gelben Hülle gelangt; ich fand vereinzelt eine Rosette, zwei Zelllagen von ihr entfernt, während der Regel nach 5—6 Lagen dazwischen sind. Eine bestimmte Orientirung über Spitze und Ende ist am Sclerotium unmöglich und ebenso wenig auch eine Richtung anzugeben in der die Fäden verlaufen. Ich habe den Versuch zu machen nicht unterlassen, aus der Reihe aufeinander folgender Schnitte die Gestalt und Lage des ascogonen Fadencomplexes im Sclerotium zu construiren, doch ohne rechten Erfolg; die Vorstellung, dass seine Aeste unregelmässig nach allen Richtungen aus einem Centrum, dem früheren Ascogon, ausstrahlen und in verschiedener Entfernung nach der Peripherie enden, dürfte nicht viel von der Wahrheit abweichen. Und in Harmonie mit dieser Vorstellung weisen ganz tangentiale Schnitte nur vereinzelte Rosetten (Taf. VIII, Fig. 55c), quer getroffene Fäden auf, sie werden zahlreicher, wenn der Schnitt sich dem radialen (Taf. IV, Fig. 21c) nähert, der endlich die meiste Aussicht bietet, längsverlaufende Fäden (Fig. 20c) zu treffen.

Gehen wir nun zur Beschaffenheit des Gewebes im Ganzen und zur Structur und Gestalt der einzelnen Zellen selbst über, so fällt uns sofort auf, dass in dem ganzen Gewebe des Sclerotiums gar keine Intercellularräume vorkommen und hieraus folgt, dass das einmal zum Gewebe geschlossene und durch Zergliederung in Zellen zerfallene Hyphengeflecht auch nachträglich nach der Grössenzunahme nicht aus seinem engen Verbande herausgetreten ist. Die Dimensionen der Zellen des sterilen Gewebes und der Grad ihrer Verdickung ist nach den einzelnen Sclerotien sehr verschieden, wie ein Blick auf die Taf. IV, Fig. 20—24 deutlich zeigt. Man kann aber nicht sagen, dass die grössten Sclerotien auch die grösseren Zellen haben müssen, noch auch umgekehrt; die grössten sterilen Zelllumina messen 0.0329 Mm., die dicksten Membranen, wie sie

zwei benachbarten Zellen gemeinschaftlich sind, haben einen Durchmesser von 0,0188 Mm. Alle verdickten Membranen sind deutlich differenzirt, sie haben eine ziemlich dicke, ins bläuliche schillernde Zwischenlamelle, die in den gelben Randzellen zur dunklen Linie wird. Auch sind kleine Stellen der Membranen von der Verdickung, die sonst alle Theile einer Zellwand gleichmässig betroffen hat, ausgeschlossen geblieben. Sie heben sich von der Fläche gesehen als helle rund oder länglich umschriebene Oeffnungen ab mit starken Randschatten. In dem Gewebe coincidiren die unverdickten Stellen benachbarter Zellen und bieten so auf dem Querschnitt im Profil das getreue Bild von Tüpfeln dar, wie sie bei höheren Pflanzen vorkommen. Sie sind niemals durchbrochen, die ursprüngliche unverdickte Membran bleibt zwischen den Zellen bestehen. Die sie umgrenzenden Ränder der verdickten Membranen sind etwas ausgeschweift, die Tüpfel öffnen sich trichterförmig in das Lumen der Zellen (Taf. IV, Fig. 20—24b). In den gelben Aussenlagen sind die Tüpfel feiner, haben wenig erweiterte Mündungen und sehen mehr aus wie eine dunkle Linie (c); in der Aussenmembran des Sclerotiums sind keine Tüpfel wahrzunehmen.

Eine allseitige Ansicht von der wirklichen Gestalt der Zellen bekommt man nur durch Isolirung der Gewebselemente im Wege der Maceration. Die äusseren gelben Zellen sind meist klein, im Umfange nahezu rund und von zwei Seiten etwas zusammengedrückt und abgeplattet (Taf. IV, Fig. 22a). Die inneren haben die mannichfachsten und wunderlichsten Formen; bald rund, gewöhnlichen parenchymatischen Zellen ähnlich, bald langgestreckt mit unregelmässigen spitzen Enden wie sie nur im Prosenchym vorkommen (Fig. 22b). Vergleicht man die Grösse dieser mächtigen stark verdickten Zellen mit den Dimensionen der zarten dünnen Mycelfäden, aus denen sie durch allmähliche Metamorphose hervorgegangen sind, so zeigt sich, dass diese mehr wie um das fünf- bis zehnfache bei ihrer Umbildung zu einem Gewebe gewachsen sind. — Die ascogonen Fäden lassen sich auch bei der besten Maceration nicht ohne Verletzung frei legen, es bleiben die kleinen Zellen ihrer nächsten Umgebung immer in störender Weise haften. Ich konnte darum auch nicht näher ermitteln, ob mit ihrer Verdickung und Erstarrung im sterilen Gewebe eine Gliederung durch Scheidewände verbunden ist.

Wiewohl die Zellen eines fertigen Sclerotiums leer zu sein scheinen, als ob ihr ganzer protoplasmatischer Inhalt auf die Membranverdickung verwendet

wäre, nehmen sie doch mit Iodlösung eine dunkelgelbe Farbe an. Die Membranen bläuen sich mit Iod und Schwefelsäure oder Chlorzinkjod mit alleiniger Ausnahme der gelben Hülle. Die Verschiedenheit der letzteren von der inneren Zellmasse gibt sich auch durch Behandlung mit sehr concentrirter Schwefelsäure kund; sie werden darin nicht wie diese zerstört, es bleibt die Mittellamelle, die wir als dunkle Linie sehen, in gelbbrauner Farbe unverändert erhalten.

Werden die Sclerotien trocken gelegt, so schrumpfen sie erheblich zusammen nach einigen Messungen um den vierten bis fünften Theil; von Neuem befeuchtet gehen sie durch Wasseraufsaugung auf das ursprüngliche Volumen zurück.

Wir wenden uns jetzt der weiteren Entwicklung der Sclerotien zu und wollen sie damit einleiten, uns den Begriff eines Sclerotiums von Penicillium klar zu machen, wofür uns die Entwicklungsgeschichte, soweit wir sie jetzt kennen, bereits die nöthigen Anhaltspunkte gibt. — Die Sclerotien sind entstanden auf dem fadenförmigen Mycelium der Geschlechtsgeneration von Penicillium. Sie sind die Producte einer geschlechtlichen Zeugung. Sie enthalten einen Pilzembryo, den Keimling der zweiten aus einem befruchteten Ascogon hervorgewachsenen Generation, und dieser Keimling liegt bis zu einem bestimmten Punkte in seiner Entwicklung gefördert in der Form eines vielarmigen schlauchförmigen Hyphensystemes erstarrt in Mitte eines Gewebes, welches nicht direct geschlechtlichen Ursprunges ist, doch mit dem geschlechtlichen Act im engen Zusammenhange steht, durch seine Anregung hervorgerufen ist. Dieses mächtige Gewebe entstammt dem Mycelium der Geschlechtsgeneration und ist dem jungen Keimlinge zum Schutze und, wie wir bald sehen werden, wesentlich zur Ernährung mitgegeben. Die stark verdickten Gewebselemente, der Schutz nach aussen in der gelben theilweise verkorkten Hülle deuten zugleich auf einen Zustand der Dauer der Ruhe hin, den der Pilz in dieser Form als Sclerotium zu ertragen befähigt und durchzumachen bestimmt sein kann[1]. Der Ursprung

---

[1]) Bekanntlich sind Sclerotien bei den Pilzen die Sclerotien der Myxomyceten bleiben hier aus dem Spiel, ein nicht seltenes Vorkommniss. Sie sind vorzugsweise bei den verschiedensten Familien der beiden grossen Gruppen der Ascomyceten und Basidiomyceten bekannt. Sie treten auch hier auf den Mycelien der ersten Generation auf, nur reicht die Kenntniss ihrer Entwicklungsgeschichte nicht bis auf die ersten Anfangszustände zurück, namentlich ist es bisher in keinem Falle nachgewiesen, dass sie durch geschlechtliche Zeugung entstehen. Sehen wir zunächst hiervon und von den mit solcher Kenntniss verbundenen Consequenzen ab, so zeigt das Auftreten der

und die Beschaffenheit der Sclerotien von Penicillium stimmen hiernach mit einem endospermhaltigen Samen höherer Pflanzen in wesentlichen Momenten überein. Dieser enthält den Embryo der ungeschlechtlichen zweiten Generation und ein steriles Gewebe der Geschlechtsgeneration (Endosperm), wovon später der Embryo lebt, wenn die Ruheperiode, welche der Same ertragen muss oder ertragen kann, zu Ende geht und günstige Bedingungen eine Auskeimung gestatten. Wir werden ein Anrecht haben die vorliegenden Sclerotien vom physiologischen Gesichtspunkte aus gleich den Samen höherer Pflanzen als unentwickelte von einem Dauerzustande begleitete Fruchtkörper zu betrachten, wenn es möglich sein wird, durch die weitere Entwicklungsgeschichte den Beweis zu führen, dass hier die Keimung ähnlich wie bei einem Samen erfolgt, dass das sterile Gewebe sich passiv wie Eiweiss des Samen, der ascogone Schlauch wie ein Embryo verhält, der von diesem Gewebe lebt und später direct zur ungeschlechtlichen Pflanze heranwächst. Wir müssen also bei eventueller Keimung unsere erste Aufmerksamkeit auf die Fragen richten: Was macht der ascogone Schlauch? Wie verhält sich das sterile Gewebe ihm gegenüber?

Ich legte zum Zwecke der Auskeimung der Sclerotien die Ausbeute von allen Culturen in den verschiedensten Zeiten aus; die nachfolgende Tabelle, enthält das Nähere hierüber. Die Sclerotien waren vorher aufs reinste gewaschen, von allen anhängenden Unreinlichkeiten befreit[1]), und wurden einfach auf eine mehrfache Lage von Filtrirpapier gebracht, welches ab und zu bespritzt die nöthige Feuchtigkeit zuleitete. Als Schutz benutzte ich eine grosse Uhrschale,

---

Sclerotien, der Verlauf ihrer weiteren Ausbildung, welche am besten von Sclerotium durum bekannt sind, ferner ihre Beschaffenheit im fertigen Zustande (man vergleiche die Zusammenstellung und Beschreibung von Sclerotien bei *de Bary*, Morphologie und Physiologie der Pilze, Seite 35—38) entschiedene Uebereinstimmung mit den Sclerotien von Penicillium. Sie wird noch grösser und in dem dunklen Punkte etwaigen geschlechtlichen Ursprunges erheblich erhellt und ergänzt, wenn wir später an der Hand der weiteren Entwicklungsgeschichte den Vergleich fortsetzen, was an dieser Stelle natürlich noch nicht zulässig ist. (Siehe die Fortsetzung dieser Anmerkung in der Anmerkung auf Seite 71.)

[1]) Am besten zerreibt man zum Aufsammeln und Reinigen der Sclerotien das ganze Brod, worauf sie entstanden sind, mit den Fingern unter Wasser so fein wie möglich. Es fallen bei dieser Manipulation die Sclerotien heraus und sinken zu Boden. Durch vielfaches Abschlemmen und Reiben mit den Fingern, was den hornharten Gegenständen nichts thut, erhält man sie endlich so rein, dass das aufgegossene reine Wasser in derselben Klarheit wieder abfliesst.

die oben leicht durch einen weit übergreifenden Glasdeckel gegen alle Einflüsse abgeschlossen werden konnte. Alle 14 Tage bis 3 Wochen wurde die Papierunterlage erneuert und dabei gleichzeitig eine sorgfältige Wäsche der Sclerotien vorgenommen. Durch den Glasdeckel hindurch konnte jede äussere Veränderung, die mit ihnen vorging, aufs leichteste gesehen werden.

Die Sclerotien blieben in der Cultur äusserlich unverändert, nur in ihrer Farbe gingen sie in einen etwas dunklern bräunlichen Ton über, veranlasst durch Eintrocknen des Protoplasmas in den äusseren Zelllagen, welches sich nun in dunklen Körnchen der Innenwand anlagerte (Taf. IV und V, Fig. 20—26a).

In kurzen Zeiträumen von 3—4 Tagen zerlegte ich einige von ihnen in dünne Scheiben, um jede Veränderung im Innern genau von ihrem Beginne an zu verfolgen. Es vergingen 5—6 Wochen ohne sichtbare Veränderung. Mit der sechsten oder siebenten Woche fiel mir eine eigenthümliche Trübung des Gewebes in der nächsten Umgebung der ascogonen Schläuche auf. Die kleinen Zellen in ihrem Umkreise erschienen matt und welk, ihre Membranen hatten das frühere glänzende stark lichtbrechende Ansehen verloren. Es war dies aber nicht an allen Stellen zu sehen, wo auf dem Querschnitte ascogone Schläuche getroffen waren, sondern nur an einzelnen, die in der Mitte des Sclerotiums lagen. Genau untersucht bestand die Trübung in einem Einflusse, den der ascogone Faden auf seine Umgebung ausübte. Er war aus seiner Erstarrung erwacht und trennte sich in normaler Rundung eines Pilzschlauches von seinem Anhange offenbar durch Lösung der Membranen der kleinen Zellen, deren verticale Wände ihn lose als dünne Lamellen umgaben (Taf. IV, Fig. 24h). Dies Verhältniss des Schlauches zu seiner Umgebung im ersten Beginn der Keimung war am besten auf Querschnitten der betreffenden Stelle zu sehen. Die Veränderungen des Schlauches selbst aber nach seiner Neubelebung konnten allein auf solchen Schnitten ins Klare gebracht werden, die einen deutlichen Längsverlauf aufzuweisen hatten. Hier nun hat der Schlauch die Form eines dicken Pilzfadens ohne Scheidewände, aber reich mit feinkörnigem Protoplasma angefüllt (Taf. IV, Fig. 23c). Genauere Einzelheiten über den Act seiner Wiederbelebung selbst sind nicht zu ermitteln. Wahrscheinlich wird ein Theil der verdickten Membran und etwaige Scheidewände durch Lösung in den protoplasmatischen Inhalt übergegangen sein.

Von allergrösster Tragweite für die Klarheit der weiteren Untersuchung ist es jedoch nicht blos, die Belebung des ascogonen Schlauches zu constatiren, sondern vornehmlich mit ihr eine eben so sichere Ueberzeugung zu gewinnen, dass ein Auswachsen des sterilen Gewebes an keiner Stelle und zu keiner Zeit eintritt; diese Ueberzeugung, wenn sie wissenschaftlichen Werth haben soll, darf sich nicht auf die Durchsicht einzelner Fälle stützen, sie muss übereinstimmend aus der Untersuchung ganzer Massen von keimenden Sclerotien, die nicht einer, sondern vielen besonderen Culturen angehören, hergeleitet werden. Ich habe, jeder denkbaren Möglichkeit einer Täuschung an diesem kritischen Punkte vorzubeugen, hunderte von Sclerotien zerlegt und nie etwas anders beobachten können, als dass es der ascogone Schlauch allein ist, der sich wiederbelebt, dass das sterile Gewebe sich gegen ihn nur passiv verhält, d. h. von ihm verzehrt wird. Alle weiteren Wachsthumserscheinungen, alle weiteren Vorgänge bei entwickelterer Keimung sind hiernach allein auf den ascogonen Faden ursächlich und ursprünglich zurückzuführen.

Nach der Wiederbelebung des Fadens in der Mitte des Sclerotiums bleiben dessen peripherische Theile noch im Ruhezustande (Taf. IV, Fig. 23e und Fig. 24h; die Wiederbelebung ist also keine gleichzeitige, sie beginnt in der Mitte und schreitet nach aussen fort.

Wir haben kaum in der Keimung die Rückkehr des erstarrten Schlauches zur ursprünglichen Fadennatur constatirt, so gehen auch weitere Veränderungen mit ihm vor, er wird im nächsten Stadium durch Scheidewände (Taf. IV, Fig. 23d und Fig. 24c, und Taf. V, Fig. 27) in kurze cylindrische Zellen getheilt, deren Länge nicht ganz gleich ausfällt. Die einzelnen Gliederzellen, die sich nicht aus ihrem Verbande lösen, besitzen die Fähigkeit auszusprossen in ganz eigenthümlicher Art. Es wächst ein dicker Spross hervor, der mit seiner Spitze und seinen kurzen Verzweigungen sich schneckenartig einrollt, und darum eine Deutung über etwaige Gesetzmässigkeit seines Aufbaues zunächst nicht zulässt (Taf. IV, Fig. 24d, e, und Taf. V, Fig. 25c—e und Fig. 28a—c, 2). Gleichzeitig mit diesem dicken Sprosse, womöglich auch schon vor diesem, ist ein dünner aufgetreten, hat die Gestalt eines gewöhnlichen Pilzfadens angenommen und in rankenartigen Windungen sich drehend und Seitenzweige gleicher Art bildend, eine bedeutendere Länge erreicht (Taf. IV, Fig. 24d e, und

Taf. V, Fig. 25c—e und Fig. 28a—c, 3). Beide Fäden sind entweder nebeneinander an derselben Gliederzelle inserirt oder es ist nur eine Ursprungszelle da und unmittelbar über ihr hat eine Gliederung des Sprosses in die zwei verschiedenen dickeren und dünneren Elemente stattgefunden. Soweit die Beobachtung vordringen kann, treiben nicht alle, sondern nur vereinzelte Gliederzellen der ascogonen Fäden aus. Ich habe mehrfach zwei nebeneinander liegende austreiben gesehen, auch an einem längeren Fadenstücke 2—3 verschiedene Sprossungen gefunden (Taf. V. Fig. 28—30). Ob die übrigen Zellen später austreiben oder gar nicht, kann ich nicht bestimmt angeben, die austreibenden Stellen überwuchern ihre Umgebung und verdecken sie (Taf. V, Fig. 25e); zur weitern Entwicklung ist es jedenfalls nicht nothwendig. Auch findet man in weit vorgerückten Stadien ganze Abschnitte der ascogonen Schläuche, deren Zellen bis dahin unverändert sind und die ihrem Ansehen nach sich auch nicht mehr verändern werden (Taf. V, Fig. 30). Den hier mitgetheilten Thatbestand habe ich sowohl auf Querschnitten reichster Auswahl wie auch im Wege eines vorsichtigen Macerationsverfahrens[1]) eruirt, wo es gelang längere auch verzweigte Fadenabschnitte bloss zu bekommen. In Fig. 23, 24 und 25, Taf. IV und V habe ich die schönsten Fälle gezeichnet, andere ohne Sclerotien für sich in Fig. 27—31, Taf. V hinzugefügt.

Es wachsen also mit der Auskeimung in der 7. bis 8. Woche der Cultur aus den Zellen der ascogonen Schläuche zweierlei Fäden gleichen Ursprunges zwar, aber ganz verschiedener Art hervor. Sie sind verschieden in ihrem Ansehen, verschieden in ihren Wachsthumsvorgängen, wenn wir diese auch noch nicht in präciser morphologischer Weise ausdrücken können, ganz vernehmlich aber äussert sich ihre totale Verschiedenheit in ihrer Function. Es wurde schon constatirt, dass die dicken Fäden von dem Aussehen einer Arabeske sehr langsam, die dünnen hingegen schnell zu

[1]) Zur Maceration kochte ich in etwas chlorsaurem Kali und Salpetersäure (in sehr verdünnter Form) ganze Sclerotien etwa eine Viertelstunde lang, bis sie im Aeusseren etwas zu bleichen anfingen. Dann goss ich das Ganze in eine Uhrschale, die ich mit einer zweiten verdeckte. Die Flüssigkeit trocknete allmählich ein und wirkte, indem sie schrittweise concentrirter wurde, sehr langsam und günstig auf das Gewebe ein. Die Sclerotien wurden ganz weiss und zerfielen nur leise berührt in ihre einzelnen Zellen, zwischen welchen sich unverletzte und auskeimende ascogone Fäden vorfanden.

langen Pilzfäden heranwachsen. Ihr Vordringen ist aber durch das umgebende sterile Gewebe verhindert, es setzt also voraus, dass sie entweder in dasselbe eindringen oder es ganz zu beseitigen vermögen, um sich und ihrem dicken Zwillingsbruder Platz zu machen. Von diesen zwei Möglichkeiten trifft hier die letzte zu.

Es ist ganz unverkennbar, dass die dünnen mycelialen Fäden das sterile Gewebe verzehren (Taf. IV, Fig. 23 und 24 und Taf. V, Fig. 25 und 26). Seine Membranen werden in ihrer Nähe dünner und verschwinden schliesslich ganz. Die substanzielle Masse wird aufgenommen und weniger zu eignen egoistischen Zwecken — sie müssten ja dann eine enorme Vermehrung erfahren — als zur Fütterung der dicken kurzen Sprossen verbraucht. Die dünnen Fäden sind als besondere Ernährungsorgane des jungen Pilzes innerhalb des Sclerotiums anzusehen, — so dürfen wir ihn jetzt, wie ich glaube in seiner selbständigen Ernährung, in seiner Gliederung in zwei morphologisch und physiologisch verschiedene Elemente mit Fug und Recht bezeichnen. Die dünnen mycelialen Fäden sind an ihren Enden bestimmt geschlossen, sie lösen also die verschwindenden Gewebstheile der sterilen Masse durch Vorgänge, die uns zunächst unbekannt sind, und nehmen dann das Gelöste auf. Die Höhlung, welche durch die Lösung und das Verschwinden des Gewebes entsteht, wird in dem gleichen Maasse als sie sich erweitert, von der wachsenden jungen Pflanze ausgefüllt. Der Pilz lebt einem Parasiten gleich in Mitte des sterilen Gewebes ohne an irgend einer Stelle einen organischen Zusammenhang mit ihm zu haben.

Dieser letzte Punkt erwies sich von erheblichem Belange im Laufe der früheren und weiteren Untersuchung. Diese ist nur allein mehr an Querschnitten auszuführen, eine Maceration und Präparation dagegen jetzt unmöglich. Nun fallen aber die betreffenden Theile mit grösster Leichtigkeit aus den Schnitten heraus, und man findet dann nur die leeren Höhlungen, den ausgekeimten Stellen (Taf. IV, Fig. 24g, Taf. V, Fig. 25f und Fig. 26c) entsprechend. Versucht man das Verlorene zu suchen, so ist auch im Falle des Auffindens eine sichere Orientirung über die Lage nicht mehr möglich. Dieser Uebelstand war leider nicht durch eine andere Methode oder ein verbessertes Verfahren bei der Untersuchung zu ersetzen. An dicken Schnitten sah man nichts, an dünneren fehlte die Pointe. Es blieb nur ein Mittel übrig, durch die Massen der Schnitte zu ersetzen was im Einzelnen verloren ging.

Von den dünnen, der Ernährung ausschliesslich dienenden vegetativen mycelialen Fäden (Taf. V, Fig. 28—30, 3) lässt sich nur sagen, dass sie sich durch Spitzenwachsthum und Bildung von Seitenzweigen reichlichst verlängern und vermehren und dass sie wie eine fadige Hülle die dickeren umgeben. Es wächst mit dem Gewebeverzehr das Feld ihrer Thätigkeit, die Fläche wird grösser, von der sie ihre Nahrung nehmen und damit hält ihre Vermehrung gleichen Schritt (Taf. V, Fig. 25de und Taf. VI, Fig. 34 und 43). Sie besitzen, so lange sie in Thätigkeit sind, keine oder nahezu keine Scheidewände. Ihr Verlauf ist unregelmässig; an vielen Stellen bilden sich Aussackungen, mit denen das Lumen um das Doppelte zunehmen kann. Vielfache Drehungen und rankenartige Windungen wechseln mit grade verlaufenden Strecken, und ebenso folgen auf enge Stellen oft plötzliche Erweiterungen, die in einiger Entfernung wieder an Dicke abnehmen (Taf. VI, Fig. 37). Im Durchschnitte messen sie 0,0015—0,0025 Mm., an den Erweiterungen steigt das Maass auf 0,0050 Mm. —

Die dicken Fäden, die, es mag hier zum bessern Verständnisse kurz angegeben sein, der Fruchtbildung ausschliesslich dienen, haben ein sehr langsames Wachsthum, aber dabei eine um so reichlichere Zweigbildung. Der erste Seitenzweig wird in unmittelbarer Nähe der Spitze angelegt, er wächst wieder sofort aus, ihm folgen nach hinten weitere in dichtem Gedränge, zu einem förmlichen Knäuel vereint (Taf. V, Fig. 28—33, 2). Bei den massenhaften Aussprossungen und zugleich dem sehr geringen Längenwachsthume sieht das Ganze einer hefenartigen Sprossung ähnlich, in der sich aber ein ganz bestimmter Plan erkennen lässt. Es ist nur die äusserste Spitze der Beobachtung zugänglich; was wir dort nicht sehen, müssen wir aus dem Endresultate zu ergänzen suchen. Die kurze Spitze biegt sich schneckenförmig um (Taf. V, Fig. 33a) und auf ihrem gebogenen Rücken entsteht regelmässig der jüngste Seitenast (b^1). Sie richtet dann sich wieder nach oben und krümmt sich nach entgegengesetzter Seite um. Ist diese Windung, welche im äussersten Falle $\frac{3}{4}$ eines Kreises beträgt, ausgeführt, so tritt wiederum ein Seitenast auf dem Rücken auf. Derselbe Vorgang in regelmässiger Wiederholung muss zum Aufbau einer schlangenförmig gewundenen Hauptaxe führen, an der in sehr kurzen, fast gleichen Abständen von einander Seitenzweige (b^1—b^5) angeordnet sind. In der Hauptaxe treten, ebenso gesetzmässig wie die Seitenzweige an ihr, Scheidewände auf, je eine zwischen zwei Seitenzweigen; die jüngste wird schon über dem dritten ältesten

Seitenzweige sichtbar. Mit jeder neuen Wendung der Spitze und der damit verbundenen Seitenastbildung erfolgt auch eine neue Scheidewand über dem dicken Seitenzweige. Wir haben nun eine Hauptaxe, die aus einzelnen kurzen, schräg umgebogenen Gliederzellen besteht, deren jede einen Seitenast trägt (Taf. V, Fig. 33, Taf. VI, Fig. 35—41b). Die Seitenäste können entweder nach dem Bildungsplane der Hauptaxe wachsend wieder Seitenzweige bilden, also dieser gleich werden; in diesem Falle erhalten wir eine doppelt verzweigte Hauptaxe (Taf. V, Fig. 31). Dies tritt anfangs im Beginn des Auskeimens häufig ein, wird später aber zur Ausnahme. Oder die Seitenzweige wachsen fort an ihrer Spitze sich umbiegend wie die Hauptaxe, ohne aber zugleich Seitenzweige hervorzubringen (Taf. VI, Fig. 35, 40 und 41). Die Axe ist dann nur einfach verzweigt, die Seitenzweige der Hauptaxe ungleich. Dieser Vorgang ist später die Regel, nur einzeln in unregelmässigen Abständen wird nochmal ein Seitenast der Hauptaxe gleich (Taf. VI. Fig. 35 und 41). Die einzelnen schlangenförmigen Windungen der Hauptaxe können sich zu einer mehr oder minder regelmässigen Spirale ordnen, sie können aber auch für einige Zeit in einer Ebene stattfinden und zwar regelmässig, so dass die Seitenzweige links und rechts stehen in bilateraler Stellung (Taf. VI, Fig. 35). Im Profil gesehen sieht dann nothwendig das Ganze einem einfachen Faden gleich mit dunklen Schatten in bestimmten Abständen, die man der Regelmässigkeit nach für Scheidewände halten kann (Taf. V, Fig. 29 u. 30, 2). Hierdurch ist die Möglichkeit einer Täuschung gegeben. Ich habe mehrfach Stücke einer Hauptaxe gehabt, die einem einfachen gegliederten Pilzfaden täuschend ähnlich sahen, deren Linie in veränderter Ansicht plötzlich zur grossen Fläche wurde (Taf. VI, Fig. 35).

Die einfachen Seitenäste der Hauptaxe wachsen sogleich nach ihrer Anlage aus, und weil sie unmittelbar an der Spitze angelegt werden, die Spitze nur langsam wächst, so wird es, zumal bei der Richtungsänderung der Spitze, oft schwierig zu entscheiden, was Spitze, was Seitenast ist. In einem bestimmten Stadium gewährt die Spitze das Bild einer dichotomischen Verzweigung mit etwas geförderter Entwicklung des einen Armes (Taf. V, Fig. 33a—b²). Auch die Spitze der Seitenzweige, die unverzweigt bleiben, rollt sich ein (Taf. V, Fig. 31—33 und Taf. VI, Fig. 38 und 39), und beweist hierdurch, dass es nicht Seitenzweige sind, die nahe an der Spitze angelegt wie bei den Hauptaxen) ihre Krümmung bewirken. Mit zunehmender Länge des Astes wachsen die nach

rückwärts gelegenen Partien in den Grenzen zweier Drehungen bedeutend in die Dicke. Die Anschwellung ist in der Mitte am stärksten, um sich nach beiden Seiten, den Stellen der Drehungen ganz zu verlieren. Es schwillt also der Faden, wie er vorn an Länge zunimmt, nach hinten zu einzelnen kugelförmigen Theilen an (Taf. V. Fig. 31, 4), die, wenn die Anschwellung eingetreten ist, wie Hefezellen einander entsprosst zu sein scheinen. Sie folgen sich ohne messbare verdünnte Brücken; nur die erste Anschwellung erfolgt nicht unmittelbar an der Insertionsstelle des Astes, hier bleibt eine kurze Strecke in ursprünglicher Dicke, der, gleichsam als Träger des Astes, die erste Anschwellung aufsitzt (Taf. VI, Fig. 36—41). Wie lang der Seitenast werden kann, wie viel kugel- oder birnförmige Anschwellungen es hervorzubringen vermag, weiss ich nicht genau. Es ist eine volle Unmöglichkeit in dem dichten Gedränge der Seitenäste bei ihrer stets wechselnden Wachsthumsrichtung den einzelnen mit Sicherheit von seinem Ursprunge bis zur Spitze zu verfolgen. Aber das kann ich mit Sicherheit angeben, dass wenigstens 8—10 Birnen an einem Aste entstehen können (Taf. VI, Fig. 38 und 39).

Vereinigen wir das hier einzeln Mitgetheilte zum Gesammtbilde eines dicken Fadens, so haben wir eine kurze freie Spitze mit ihren Arabesken von noch kurzen Seitenzweigen, dahinter einen dichten Knäuel von kugeligen Gebilden, in denen die Hauptaxe verborgen liegt (Taf. VI, Fig. 36 und 40). Auf eine weitere Complication der Verknäulung, wie sie entstehen muss, wenn in kurzen Abständen einzelne Seitenäste zu Hauptaxen werden, will ich hier nur kurz hindeuten.

Die unverzweigten einfachen Seitenäste dienen der Fortpflanzung. Jede seiner kugeligen Anschwellungen wird zum Sporenbehälter, zum Ascus. Dem Endpunkte der Anschwellung folgt unmittelbar eine Gliederung durch Scheidewände. Sie treten genau zwischen den einzelnen Anschwellungen in dem sehr kurzen Isthmus auf, der sie von einander trennt. An der Insertionsstelle des Astes ist dieser Isthmus lang, und die Scheidewand tritt hart an der Anschwellung auf, so dass der ganze Faden nun von einem kurzen Stielchen getragen wird, welches aber, da es in offener Communication mit der Mutterzelle der Axe bleibt, in Wirklichkeit nur eine stielartige Aussackung derselben ist (Taf. VI, Fig. 36—41). — Es ist der Zeitpunkt, wann die definitive Gliederung der Seitenäste an der Hauptaxe vor sich geht, nicht mit Sicherheit zu

ermitteln. Ich möchte glauben, dass es nicht immer derselbe ist, wenigstens finden sich gegliederte Aeste bald schon dicht unter der Spitze, bald erst in weiterm Abstande von ihr entfernt (Taf. V, Fig. 31 und Taf. VI, Fig. 36). Nach stattgefundener Gliederung treten bald im Inhalte der birnförmigen Glieder Veränderungen ein. Der früher gleichförmige Inhalt wird von einer grossen centralen Vacuole unterbrochen. Sie verschwindet und an ihrer Stelle treten eine Anzahl kleiner Vacuolen auf. Im nächsten Stadium sind schon die Sporen vorhanden. Das Object ist viel zu klein, um auch mit den stärksten Vergrösserungen die feinern Vorgänge der Sporenbildung, das Auftreten und Verschwinden von Zellkernen etc. sehen zu können (Taf. VI, Fig. 36—39). Ich zweifle nicht, dass der Vorgang so ist, wie ihn *de Bary*[1]) und *Janczewski*[2]) beschrieben haben. An den jungen Sporen deuten starke Randschatten die Abscheidung von Membranen um sie an, mit deren vollständiger Ausbildung die Mutterzelle, der Ascus, von acht Sporen vollständig angefüllt ist ohne irgend einen Ueberrest von Protoplasma, der zur Sporenbildung nicht verbraucht bei ihrer Entleerung eine Rolle spielen könnte (Taf. VI, Fig. 39). — In welcher Reihenfolge geht nun die Sporenbildung im ganzen Ast vor sich? oder tritt sie vielleicht auf einmal in allen Ascen zugleich ein? Dies ist wiederum nicht direct zu beobachten, weil der ganze aus den einzelnen Ascen bestehende Ast sich um die Hauptaxe dreht und dadurch bei dem dichten Gedränge der Aeste in seiner continuirlichen Ascuskette nicht bis an sein Ende zu verfolgen ist, und weil man bei der Präparation gleichfalls nicht sicher weiss, ob der Ast intact geblieben oder zerfallen ist. Fände die Ausbildung nach dem Alter statt, so würde nach eingetretener Sporenbildung in den älteren Ascis die Nahrungszufuhr aufhören und die Spitze, soweit sie aus jungen Schläuchen besteht, untergehen müssen. Dieser rein physiologische Grund spricht mit aller Wahrscheinlichkeit dafür, dass die Sporenbildung im ganzen Aste, wenn alle Theile ausgewachsen sind, auf einmal gleichzeitig vor sich gehen oder sonst von oben beginnen muss. Hierfür sprechen auch weitaus die meisten Befunde. Einige Ausnahmen ungleichzeitiger Ausbildung lassen sich durch Störungen in der Ernährung durch die mycelialen Fäden unschwer erklären (Taf. VI, Fig. 39).

[1]) *De Bary*: Beiträge III. Reihe, Eurotium.

[2]) *Janczewski*: Botanische Zeitung 1871, No. 17 und 18. Ueber Ascobolus furfuraceus.

Mit der Sporenreife trennt sich allmählich die Ascuskette aus ihrer Verbindung und von dem ganzen Aste bleibt nur das Stielchen oder vielmehr die stielartige Fortsetzung der Axenzelle übrig. als ein untrügliches Merkzeichen, dass hier ein Ast abgefallen ist (Taf. VI, Fig. 40 und 41). Erst wenn die Hauptaxe von ihren Seitenzweigen befreit worden, ist sie in ihrer natürlichen Gestalt und Gliederung und zugleich in der Art der stattgefundenen Verzweigung deutlich zu beobachten; freilich auch hier nur auf bestimmte Strecken, da sie bei ihrer kurzen Gliederung sehr zerbrechlich ist und leicht an den gegliederten Stellen auseinander fällt. Ohne die Zuhülfenahme dieses Endresultates wäre es früher unmöglich gewesen, den Aufbau sicher anzugeben, weil ja zwischen der kurzen freien Spitze und dem Endresultat, der entblössten Axe eine weite Strecke liegt, die während der Wachsthumsvorgänge nicht aufzuklären ist wegen der dichten Verknäuelung der Seitenzweige. Jetzt sieht man, dass der verbogenen Spitze eine ebenso verbogene Axe entspricht, die sich in allen denkbaren Windungen krümmt, die aufgebaut ist aus gebogenen kurzen Gliederzellen, aus denen je ein Ast entspringt, der in seiner ganzen Länge zu einer Ascuskette wird. In Taf. VI, Fig. 40 und 41 sind verschiedene Hauptaxen dargestellt, die nur wenig verbogen sind und meiner Zeichenkunst allein zugänglich waren; ich habe zur Versinnlichung des Bildes, wie es mit der Sporenreife annähernd gewesen sein muss, die Ascenzweige (nach anderen Präparaten) in zarten Linien (Fig. 40) angedeutet. Aus der Fig. 41a Taf. VI, die eine Verzweigung der Hauptaxe zeigt, geht im Vergleich mit der unverzweigten (b) aufs deutlichste hervor, dass diese vereinzelt und ohne jede Regelmässigkeit erfolgt, sich also der gewöhnlichen Seitenzweigbildung unterordnet in der Art, dass hie und da ein Ast der Hauptaxe gleich wird.

Wir haben nun in den letzten Abschnitten die Keimung oder vielmehr die Wiederbelebung der ascogonen Schläuche, ihre Gliederung in zwei morphologisch und physiologisch ganz verschiedene Elemente und die Entwicklungsgeschichte beider bis zur Fructification des Pilzes für sich und im Zusammenhange mit einander verfolgt. Wir haben weiter gefunden, dass das sterile Gewebe im absoluten Gegensatze zu den auskeimenden Schläuchen sich ganz inactiv verhielt und von dem jungen Pilze zur Nahrung verwendet und verzehrt wurde. Es erübrigt nun noch, um das Bild von der Lebensgeschichte des Pilzes in seiner Totalität darzustellen, die weitere Entwicklung desselben im Sclerotium bis zu seinem Endpunkte durchzuprüfen, oder besser gesagt: die

einzelnen Momente der Weiterbildung kurz hervorzuheben, die bis zur gänzlichen Reife der Sclerotien bei ihrer weiteren Cultur eintreten.

Es ist uns von früher bekannt, wie die ascogonen Schläuche nicht an allen Punkten im Sclerotium gleichzeitig auskeimen, wie die Keimung in der Mitte zuerst beginnt und von da centrifugal weiter geht. Die ausgewachsenen Stellen bilden folglich in den ersten Stadien nach der Keimung noch vereinzelte Höhlungen, die durch einzelne Zelllagen des sterilen Gewebes von einander getrennt sind (Taf. V, Fig. 25 und 26). Dieses wird nun zunächst verzehrt und die einzelnen Löcher vereinigen sich zu einer einzigen grossen Höhle (Taf. VI, Fig. 34). In ihr liegen die dicken fructificirenden Sprosse, die langsam wachsen und das Nährgewebe nicht direct verzehren, mehr in der Mitte (d), sie sind nach aussen eingehüllt von den dünnen mycelialen Fäden (c). Diese liegen dem Gewebe (b) direct an, welches sie zu verzehren bestimmt sind. — Das ganze Fadengeflecht erscheint in einer eigenthümlichen grünlichen Farbe, wenn es in seiner Masse gesehen wird.

War schon das ganze Sclerotium dem Samen höherer Pflanzen physiologisch vergleichbar, welcher in reichem Eiweiss seinen Embryo birgt, so erhält jetzt der Vergleich Leben und Wahrheit. Wir sehen den Pilzembryo in Wirklichkeit wie einen phanerogamischen Embryo sich fortentwickeln. Er ist, wie dieser in seinen ersten Lebensstadien, Parasit, er verzehrt wie dieser das Eiweiss, ein Gewebe welches ihm von der Mutterpflanze vorsorglich als Nahrung mitgegeben ist. Hier ist diese Nahrung in den Zellen nicht als Fett, Amylum, Zucker, etc. angehäuft; es sind die verdickten Zellwände selbst der Nährstoff, der Pilz hat seinen Nährvorrath als Zellstoff, als verdickte Membran, abgelagert[1]).

Da der Zellstoff als solcher nicht als Nahrung dienen kann, wird es nöthig, dass er von Neuem gelöst werde, und diese Lösung besorgen die dünnen mycelialen Fäden so etwa, wie das Scutellum der Gräser die Stärke des Endosperms auch in der Entfernung löst. Es bleibt hier wie dort nur eine Annahme zur Erklärung des Vorganges offen, dass nämlich die dünnen Fäden und das Scutellum einen Stoff ausscheiden, der die Cellulose oder Amylum zu lösen vermag.

---

[1]) Soweit meine Kenntnisse reichen, kommt ein verdicktes hornartiges Endosperm bei höheren Pflanzen im Samen von Dracaena, Phoenix, Coffea etc. vor.

Die Lösung und der Verzehr des sterilen Gewebes geschieht nicht ohne eine bemerkenswerthe Nebenerscheinung. Es entstehen am Rande der verzehrten Stellen grosse stattliche Krystalle (Taf. VI, Fig. 42) bald in deutlichen bestimmbaren Formen (b), bald als dicke Drusen (a). Die Krystalle haben ein hellglänzendes Ansehen und eine gelbe Farbe. Es wechseln die regelmässigsten quadratischen Octaeder (b und c) mit schönen Säulen, daneben sind Combinationen beider und Zwillingskrystalle keine Seltenheit. Sie bestehen, wie die Reactionen ergeben, aus oxalsaurem Kalk. — Die Bildung und Abscheidung dieses Salzes steht mit den Lebensvorgängen im Innern des Sclerotiums im directen Zusammenhange. Das Kalksalz tritt auf mit der Lösung des Gewebes durch die Wiederbelebung des Pilzembryos, der ascogonen Fäden, seine Menge nimmt zu in dem Maasse, als die Masse des Pilzes sich auf Kosten des gelösten Gewebes vermehrt. Der junge Pilz lebt von dem Gewebe, wie jeder andere Pilz von organischer Masse lebt. Die Vermehrung und das Wachsthum des Pilzes erfordert eine stete Neubildung von Eiweissstoffen aus dem Gewebe des Sclerotiums. Bei diesem Vorgange wird wahrscheinlich Oxalsäure von dem Pilze gebildet, um die hierzu nothwendige Phosphor- und Schwefelsäure aus vorhandenem Kalksalze abzuscheiden[1]. Die Membranen des Sclerotiums (der Inhalt der Zelle ist ja nur ganz unbedeutend) müssen folglich reich an Kalksalzen sein, die erst bei ihrer Wiederauflösung in der unlöslichen Verbindung als oxalsaures Salz in die Erscheinung treten. — Die Zahl der Krystalle nimmt nach Verhältniss des verzehrten Gewebes zu und sie gelangen so auf ganz natürlichem Wege allmählich in das Innere zwischen die Pilzfäden (Taf. VI, Fig. 34 und 43e).

Der Consum des sterilen Gewebes, seine allmähliche Abnahme geht Hand in Hand mit der Fortentwicklung des Pilzes im Innern des Sclerotiums, und diese ist eine für einen Pilz auffallend langsame. Es bedarf ganzer Wochen, um

---

[1]) Ich verweise hier kurz auf die Darlegungen von *G. Holzner*, Flora No. 33, 1867, p. 520. Entstehung und physiologische Bedeutung des oxalsauren Kalkes. »Die Oxalsäure ist ein Product der Proteinstoffe, bestimmt den phosphorsauren (und schwefelsauren) Kalk zu zersetzen, während der Kalk die Bestimmung hat, der Pflanze Phosphorsäure zuzuführen. Nach Erfüllung dieser Bestimmung sind beide für die Pflanze werthlos und schädlich, daher ist von der Natur dafür gesorgt, dass sie vereint ein in organischen Säuren unlösliches Salz bilden, oder auch: Die Pflanze erzeugt deshalb Oxalsäure, weil deren Kalksalz in organischen Säuren unlöslich ist, und somit durch jene die Phosphorsäure (und Schwefelsäure) frei wird.«

nur einen Fortschritt zu sehen, zu bemerken, dass das Terrain des Pilzes grösser, die Mächtigkeit des sterilen Gewebes kleiner wird. Wenn der Pilz in peripherischer Richtung fortschreitet, an seinen zahlreichen Spitzen weiterwächst, verblüht er gleichzeitig nach hinten in seinen älteren Theilen. Es reifen die Ascen, sie fallen ab und die Sporen werden frei, indem die Membranen des Ascus sich auflösen[1]). Wir haben in Folge dessen in älteren Zuständen (Taf. VI, Fig. 43) kein gleichmässiges Fadengeflecht von dicken und dünnen Fäden durcheinander. Dieses befindet sich nur in der Peripherie (c und d), in der Mitte hingegen liegen freie Sporen (f) mit Krystallen (e) gemengt, dann vereinzelte abgefallene hie und da noch verbundene Ascen, deren Membranen in Lösung begriffen sind, daneben nackte Hauptaxen mit den Insertionsstellen der abgefallenen Aeste und zugleich dünne leere myceliale Fäden, die mit den Hauptaxen, denen sie angehörten, bereits dem Untergange, der Auflösung, entgegen gehen. In kurzem Ausdrucke können wir sagen, der Pilz wächst an seinen Vegetationsspitzen allmählich weiter, während er an älteren Theilen langsam zerfällt. Wenn wir uns dies natürlich vorstellen, folgt daraus, dass der Pilz nun nicht mehr ein organisch zusammenhängendes Ganzes, sondern eine Summe von Individuen, von Theilen darstellt, so viele als Spitzen vereinzelt sind. Es folgt aber daraus weiter, dass mit dem Absterben der vegetativen Fäden, die wir ja ursprünglich neben und an den dicken ascogonen Fäden entspringen sahen deren neue zur Fortführung der Ernährung erzeugt werden müssen. Dies kann allein an der fortwachsenden Spitze geschehen, nur ist eine morphologisch gesetzmässige Ordnung ihrer zeitlichen und örtlichen Entstehung nicht aufzufinden. Sie entstehen an der Hauptaxe und wahrscheinlich entweder so, dass ab und zu ein Seitenzweig zu einem mycelialen Faden statt zu einem ascogonen Aste wird, oder dass sie, nach Art der Wurzelhaare (Rhizoiden) bei Laub- und Lebermoosen, nach Bedürfniss von der Axe hervorgebracht werden. Sieht man gleich aufs deutlichste, dass die dünnen Fäden weiterhin aus den dicken hervorgehen, so ist es doch in dem dichten Gewirr der Verzweigungen an der Hauptaxe, so lange sie bestehen bleiben, schwer möglich den exacten Beweis hierfür zu geben; und später, wenn sie abgefallen sind, gelingt es kaum leichter, weil die gegliederte Hauptaxe bei der leisesten

[1]) Schon 4 bis 6 Wochen nach eingetretener Keimung finden sich reife keimfähige Sporen in den Sclerotien, während hingegen die letzten Asci erst fünf Monate später reife Sporen führen.

Berührung, wenn man sie nur schief ansieht, schon zerbricht und namentlich noch die mycelialen Fäden nach Beendigung ihrer Function sehr hinfällig und zerbrechlich sind. Ich habe in der Taf. VI, Fig. 36 und 40 eine Stelle abgebildet, wo der Ursprung deutlich ist, und verweise weiter auf die dicken Endzellen der Taf. VI, Fig. 37, wie sie sich an gut präparirten mycelialen Fäden vorfinden und mit welchen sie aller Wahrscheinlichkeit nach in den Verband der Hauptaxe eingefügt waren. Ich will jedoch für diejenigen, die meine Untersuchung wiederholen sollten, zu bemerken nicht unterlassen, dass ein sicherer unumstösslicher Beweis des genetischen Zusammenhanges beider Fäden im vorgerückten Zustande äusserst schwer zu liefern ist; Täuschungen über den Ursprung von Pilzfäden liegen überhaupt sehr nahe, ganz besonders in einem Gewirr von Fäden. Natürlich bedarf es für uns des Beweises gar nicht mehr, er ist an anderer Stelle direct geführt und zugleich indirect, in der einfachen Thatsache, dass die ascogonen Schläuche bei der Keimung der Sclerotien allein auswuchsen.

Das sterile Gewebe wird schliesslich im Laufe ganzer Monate bis zur braun gefärbten Rinde, die, wie wir wissen, aus 2—3 Zelllagen kleiner tangential gestreckter Zellen besteht, aufgezehrt (Taf. VI, Fig. 44). Die Rinde selbst (a) die mit ihrer Bräunung eine constitutionelle Veränderung erlitten hat, theilweise verkorkt ist, wird nicht gelöst, sie bleibt als Hülle bestehen. Wenn die Nährvorräthe verzehrt sind, lösen sich alle Fäden und Ascen, die noch am Rande vorhanden waren, ganz ebenso, wie es im Centrum schon früher geschehen ist. Es bleibt nur die Masse der Sporen (f) bestehen, mit Krystallen (c) vermischt, von der gelbbraunen Hülle (a) wie von einer festen Blase umschlossen. Trocken geworden, zerreisst im Laufe der Zeit auch die Hülle und Haufen von unzähligen kleinen Sporen werden in Freiheit gesetzt. Sie besitzen in der Masse eine hell gelbe Farbe und eine sehr regelmässige Gestalt, die unverkennbar an Eurotium erinnert, (*de Bary*, Beiträge III. Theil. Eurotium Tafel I und II). Ihre Form (Taf. VII, Fig. 45a und b) ist länglich nach beiden Enden schnell verschmälert; im Querschnitte (a) rund, sternartig mit kleinen Vorsprüngen versehen. Sie haben eine doppelte Membran, ein dickes reich verziertes Exosporium, welches aus zwei Klappen zusammengesetzt ist, die wie die beiden Mericarpien eines Doldensamens durch eine tiefe Furche getrennt sind und je für sich an den Polen in eine feine Spitze auslaufen (b). Jede Klappe hat auf dem Rücken drei oder vier Rippen, die zu wenig hervorragen, um auch mit den stärksten Systemen

ihre Zahl sicher angeben zu können. Die Sporen messen in der Länge 0,0050—0,0060, in der Breite 0,0040—0,0045 Mm.

Die Sclerotien zeigen äusserlich die beginnende Reife durch eine Aenderung ihrer Farbe an. Sie verlieren den gesättigten braunen Ton, werden wieder heller und schliesslich gelb, ähnlich wie die Sporen. Die Zeitdauer von der Bildung der Sclerotien bis zu ihrer vollkommenen Reife beträgt wechselnd 6—8 Monate; die beigefügte Tabelle über die einzelnen Versuche wird das Nähere ergeben. Die kleinsten Sclerotien keimen so gut wie die grossen. Auch die Vorgänge bei verwachsenen Sclerotien ergeben sich von selbst. Ihr steriles Gewebe ist ohne cuticularisirte Zwischenlamelle verschmolzen, aber aussen ist eine continuirliche Hülle gebildet (Taf. III, Fig. 14 und 15 und 17, 2). Ist das Innere verzehrt und in Sporen umgewandelt, so bleibt die Hülle allein, den Gesammthohlraum oder vielmehr die Sporenmasse umschliessend, zurück Taf. VI, Fig. 44[1]).

Wie wir sahen, gelingt die Keimung der Sclerotien bis zum völligen Reifen ohne jegliche Schwierigkeiten; dies ist nicht immer der Fall und setzt eine Ver-

[1]) (Fortsetzung der Anmerkung 1 auf Seite 57). In dem Endresultat der Entwicklung der Sclerotien von Penicillium, in ihrer Umwandlung in einen Fruchtkörper mit Sporen stimmen alle bekannten Sclerotien überein. Die Umwandlung bei diesen vollzieht sich nicht immer, sogar nur selten, innerhalb der ursprünglichen Hülle des Sclerotiums, in den meisten Fällen wird sie durchbrochen und es wachsen die Fruchtträger der Ascomyceten und Basidiomyceten direct aus den verschiedenen Sclerotien hervor. Nach dem jetzigen Standpunkte unserer Kenntniss sind die Fruchtkörper dieser Gruppen unzweifelhaft als die durch geschlechtliche Zeugung entstandene zweite Generation aufzufassen. Die Fruchtkörper, welche direct aus den Sclerotien hervorgehen, müssen folglich geschlechtlichen Ursprunges sein. Es kann nun, wie mir scheint, nach den für Penicillium bekannten Daten, ferner nach der früher hervorgehobenen Uebereinstimmung seiner Sclerotien mit allen anderen (Anmerkung 1 Seite 57), als im höchsten Grade wahrscheinlich angesehen werden, dass der Geschlechtsact, dem die aus den Sclerotien hervorwachsenden Fruchtkörper ihren Ursprung verdanken, analog wie bei Penicillium vor die Bildung der Sclerotien fällt, dass hiernach alle Sclerotien gleich diesen geschlechtlichen Ursprunges sind, dass sie Fruchtkörper darstellen im unentwickelten Zustande, an denen der Dauerzustand, der früher ihre Bezeichnung als Dauermycelium begründete, nicht von wesentlicher Bedeutung, vielmehr nur eine blosse Variation, eine Unterbrechung im Entwicklungsgange der zweiten Generation ist, welche bei einzelnen Gattungen der genannten Gruppen vorkommt. Weitere Untersuchungen, welche mit klarer präciser Fragestellung durch Penicillium nahegelegt sind, müssen diese Wahrscheinlichkeit weiterführen. Bisher sind dem befruchteten ausgewachsenen Ascogon entsprechende Organe im Innern der Sclerotien wohl nicht gesehen, aber auf sie war die Frage ja nicht bestimmt gerichtet, sie können übersehen, vielleicht aber auch schwieriger zu sehen sein als bei Penicillium.

meidung mancherlei Störungen voraus, die nicht übersehen werden dürfen. Die nächstliegende ist in den Zersetzungen gegeben, die in dem Nährsubstrate, hier dem Brode, auf dem die Sclerotien gewachsen sind, auftreten und sich den Sclerotien selbst mittheilen können. Lässt man nämlich die letzteren zu lange auf dem Substrat, so tritt in ihm durch fremde Pilze eine Art von Gährung und Fäulniss ein, die den Pilz in Mitleidenschaft zieht. Seine Mycelien sterben ab und entwickeln einen abscheulichen Geruch, in dem auch wenig geübte Nasen das als Parfüm der Häringslake bekannte Trimethylamin unterscheiden können, ein Derivat des Ammoniaks, welches nach den Untersuchungen von *Wolf* und *Zimmermann*[1]) absterbende Pilze der verschiedensten Art auszudünsten pflegen. Schon ein Verbleib von wenigen Tagen in solchem Substrat ist ausreichend, den Sclerotien die Keimkraft zu nehmen. Die Zersetzung tritt augenfällig nur im Innern der Sclerotien in den ascogonen Hyphen, nicht in dem grosszelligen Grundgewebe hervor. — Im Anschluss hieran will ich kurz bemerken, dass die Sclerotien einen langen Aufenthalt in Wasser von 14 Tagen, ohne Schaden zu nehmen, ertragen können. Man wird folglich gut thun, die Sclerotien früh vom Substrat zu nehmen und sorgsam zu reinigen auch eher schon, als sie ganz frei geworden sind, da ja, wie wir wissen, zur Nachreife das Mycelium nicht mehr nöthig ist (Taf. III, Fig. 18).

In zweiter Linie ist ein zu starkes Austrocknen, ein langes Aufbewahren im trocknen Zustande für die Keimkraft verderblich. Vielfache Versuche nach dieser Richtung ergaben übereinstimmend, dass Sclerotien nach 3 bis 4 monatlichem Trockenzustande nicht mehr auskeimten, dass aber, wenn sie vor dieser Zeit wieder ausgelegt wurden, eine normale Keimung erfolgte. — Meine erste Angabe in der vorläufigen Mittheilung ist hiernach zu corrigiren, sie stützte sich auf Versuche mit unzureichendem Material, von dem ich nicht durch vergleichenden Versuch constatirte, dass es überhaupt ausgekeimt ist. Es haben natürlich die Versuche nur Beweiskraft, wenn sie mit Sclerotien einer Cultur gemacht werden, von denen es gleichzeitig festgestellt wird durch vergleichende Cultur, dass sie gesund und keimfähig sind. Die Masse hierzu nöthigen Materiales fehlte mir aber damals noch in Ermangelung einer Methode, es zu beschaffen.

---

[1]) *Wolf* und *Zimmermann*: Botanische Zeitung 1871, No. 18 und 19. Scheiden die Pilze Ammoniak aus?

Endlich gibt es einen kleinen Pilz, der die Sclerotien befällt und ihre Keimung stört. Seine Sporen sind mehrzellig und von brauner Farbe; seine Keimschläuche (e), die in Taf. VIII, Fig 55 direct auf die Spore (d) zurückgeführt sind, durchbohren die Membranen der Zellen und verbreiten ein gegliedertes Mycelium, welches freilich auf Querschnitten nur in kurzen Stücken (f zu sehen ist, durch das ganze Sclerotium. Leider habe ich den Pilz nicht fructificirend gefunden und ich weiss nicht sicher wie er heisst, wahrscheinlich Pleospora herbarum.

Bedürfte es am Schlusse des zweiten Hauptabschnittes der Arbeit, — in welchem nachgewiesen wurde, dass die gefundenen Sclerotien geschlechtlichen Ursprunges sind, dass sie Fruchtkörper im unentwickelten Zustande darstellen, dass diese aus einem befruchteten, zu Schläuchen ausgewachsenen Ascogon und einem sterilen Gewebe bestehen; in welchem weiter lückenlos verfolgt wurde, dass bei der Weiterentwicklung, der Auskeimung der Sclerotien, aus den ascogonen Fäden der ascentragende Pilz direct hervorgeht, dass hingegen das sterile Gewebe sich passiv verhält und von diesem als Nahrung verzehrt wird, — bedürfte es, so meine ich, noch eines diese Angaben ergänzenden Beweises, so könnte er etwa dadurch beigebracht werden, dass der passive Gegensatz zwischen dem sterilen Gewebe und den auswachsenden ascogonen Fäden, auch noch durch einen zweiten activen verstärkt wird, welcher die physiologische Grundverschiedenheit beider noch mehr hervortreten lässt. Es ist ja denkbar möglich, dass einmal unter besonderen abnormalen Verhältnissen bei der Keimung die ascogonen Schläuche untergehen, dass dagegen das sterile Gewebe, welches sonst verzehrt wird, nicht mit abstirbt, und an günstiger Stelle, eben weil es nun nicht verzehrt wird, austreibt, und dass dies austreibende Gewebe resp. deren Zellen einen ganz anderen Entwicklungsgang nehmen, wie wir ihn von den ascogonen Fäden kennen.

Auch an diesem Beweise soll es hier nicht fehlen bleiben. — Legt man Sclerotien, deren Keimkraft in den ascogonen Hyphen durch zu langes Trockenhalten bereits erstorben ist, wieder feucht, so wachsen aus den Rissen, die beim Trocknen entstanden sind, einzelne und bündelweise als Coremium vereinigte ungeschlechtliche Fruchtträger von Penicillium (Taf. VIII, Fig. 53b) hervor. Eine genaue Untersuchung ergiebt, dass sie aus dem Innern und zwar direct aus einzelnen sterilen Zellen (c) hervorgegangen sind, die ohne viel Schwierigkeit frei zu präpariren sind. Es vermögen also die sterilen Zellen bei eventueller Wieder-

belebung nichts anders als ungeschlechtliche Conidienträger zu erzeugen. Aehnliche, nur hie und da auftretende ungeschlechtliche Fruchtträger sind auch bei abnormalen Keimungen anderer Sclerotien z. B. von *Botrytis cinerea*, (*de Bary*, Morphologie und Physiologie der Pilze S. 40) beobachtet worden und dürften wahrscheinlich eine ähnliche Erklärung finden.

Doch welchen Beweis haben wir nun, dass die gefundenen Sclerotien und der aus ihnen gezogene neue Ascomycet zu Penicillium gehören? Was kann uns berechtigen anzunehmen, dass Penicillium eine ungeschlechtliche Fortpflanzungsform dieses Ascomyceten ist? Die Antwort ist einfach — nichts. Es fehlt noch der eigentliche wissenschaftliche Beweis, es ist nichts wie eine Wahrscheinlichkeit gewonnen, die auf nicht sicherem Grunde steht, die sich allein auf gemeinschaftliches Vorkommen stützt. Mag diese Wahrscheinlichkeit im speciellen Falle so nahe der Sicherheit stehen, wie nur möglich, sie bleibt Wahrscheinlichkeit und damit werth- und beweislos. Eine Arbeit in einer blossen Wahrscheinlichkeit zu verlassen, wenn ein sicherer Beweis noch irgend möglich ist, würde der eigentlichen Idee der vorliegenden Schimmelpilze zuwider sein. — Wie, in welcher Weise ist nun aber der Beweis zu führen? Es kann allein dadurch geschehen, dass aus einer Spore der zweiten Generation, also einer Ascusspore, die erste Generation in normalem Kreislauf wiedergewonnen wird. Diese erste Generation ist die geschlechtliche, auf der wir die Sclerotien fanden. Sie ist charakterisirt durch ein Mycelium, (Taf. I, Fig. 3 und 6), welches nach ganz bestimmten Wachsthumsgesetzen wächst und sich verzweigt, ganz besonders aber dadurch, dass auf diesen Mycelien ausser der geschlechtlichen Fortpflanzung nebenbei ungeschlechtliche Fruchtträger, Propagationsorgane, das bisherige ganz gewöhnliche Penicillium, auftreten. Wir müssen also aus einer Spore ein Penicilliummycelium mit Fruchtträgern durch Cultur auf Objectträgern in der Art hervorgehen sehen, dass mit einem Blick der Conidienträger von Penicillium auf die ausgekeimte Ascusspore durch das Mycelium hindurch direct und ganz unzweifelhaft zurückzuführen ist, nur dann kann von einem unumstösslich sicheren, einem streng wissenschaftlichen Beweise die Rede sein.

Als Culturflüssigkeit für eine Aussaat von Ascussporen wurde ein beliebiger, klarfiltrirter und wenig gefärbter Fruchtsaft gewählt, bald ein Decoct von trocknen

Backpflaumen, bald ein ausgekochter Auszug von frischen Johannis- oder Stachelbeeren. Die Keimung trat schon nach 18—24 Stunden in einer sehr charakteristischen, der bekannten Keimung von Eurotiumsporen ähnlichen Weise ein. Gleich im Beginn der Keimung, im Momente der innern Anschwellung, wurde das Exosporium aufgesprengt, ohne jedoch zugleich abgeworfen zu werden. Dieses ist, wie uns bekannt, aus zwei Klappen zusammengesetzt, die in der Mitte durch eine Furche getrennt sind (Taf. VII, Fig. 45b). In eben dieser Furche springt die Membran auf; die damit verbundene Trennung der Membranhälften kann eine vollständige oder nur eine einseitige sein (Taf. VII, Fig. 46a und b). Im ersten Falle (a) weichen die getrennten Hälften rechts und links dem aufschwellenden Endosporium aufsitzend allmählich auseinander; im zweiten Falle (b) quillt aus einem grossen Spalt das Endosporium wie eine Blase hervor. In beiden Fällen bleibt das Exosporium, dem Endosporium fest aufsitzend, auf der keimenden Spore zurück und fällt auch später nicht ab. Dieses ist ein glücklicher Umstand für die Untersuchung. Das reich verzierte, dicke und darum leicht erkennbare Exosporium ist ein untrügliches Merkmal einer keimenden Ascusspore, welches jede Verwechselung mit Conidiensporen ganz unmöglich macht. Aus der geschwollenen Spore wachsen ein oder mehrere Keimschläuche (Taf. VII, Fig. 47) und aus diesen ein Mycelium hervor. Die Gestalt der Fäden dieses Myceliums (Fig. 48), seine Gliederung, sein Wachsthum und seine Verzweigung stimmen so vollkommen mit den Mycelien überein, die aus den Conidiensporen hervor gehen, dass es ganz zwecklos wäre, sie noch einmal zu beschreiben. Am nächsten Tage trat an den Mycelien die Bildung von Conidienträgern ein und damit wäre der Beweis des genetischen Zusammenhanges gegeben. Da aber am letzten Tage die Verzweigung des Myceliums vor der Fruchtträgerbildung eine zu reichliche geworden und dadurch die Keimspore nicht sicher mit ihrem Exosporium unterschieden werden konnte, so war es immerhin noch denkbar, dass ein gewöhnliches Penicillium sich eingeschlichen, die Mycelien in einander gewachsen und dass es eben letzteres sei, welches die Fruchtträger erzeugt habe. Ich machte nun die Nährlösung verdünnter, um die zu grosse Ueppigkeit der Mycelien zu hindern; aber hier zeigten die Ascussporen eine erhebliche Abweichung von den gewöhnlichen Conidiensporen, sie keimten gar nicht. Ich überwand diese Schwierigkeiten der Keimung durch Anwendung einer concentrirten Culturlösung, die ganz allmählich

nach eingetretener Keimung verdünnt wurde[1]). So erhielt ich kleine Mycelien in allen Formen (Taf. VIII, Fig. 49 und 50), endlich sogar Fälle, wo ein Keimschlauch später direct zum Fruchtträger wurde (Taf. VIII, Fig. 51). In den Figuren 49—51 sind die verschiedensten Mycelien abgebildet, deren Fruchtträger direct auf die Keimspore (a) zurück verfolgt werden können; zur besseren Ueberzeugung habe ich das Centrum der Keimspore mit ihren Fäden vergrössert (II) nebengezeichnet. — Zur Ergänzung der Culturen mit Ascussporen sei weiter noch angeführt, dass ich hunderte von Massenculturen gemacht habe, wo alle bekannten Erscheinungen wiederkehrten und Sclerotien in grosser Menge gebildet wurden. Die Culturen sind von denen gewöhnlicher Conidiensporen gar nicht zu unterscheiden.

Die Ascussporen bewahren ihre Keimkraft sehr lange; nach zweijähriger trockner Aufbewahrung der Früchte fanden noch vereinzelte Keimungen statt, während allerdings die meisten Sporen zerfallen waren in zwei Hälften. — Die Conidiensporen verlieren die Keimkraft nach $1\frac{1}{2}$—$1\frac{3}{4}$ Jahren. Versuche mit ihnen haben nur Gültigkeit, wenn die Garantie gegeben ist, dass keine frischen Sporen in die Cultur gerathen können; ich führte sie unter eng abschliessenden Glocken mit ganz reinen Utensilien in Zimmern aus, in denen keine oder nahezu keine Sporen verbreitet sein konnten.

---

[1]) Die Aussaat einer Spore kann trotz ihrer Kleinheit mit grösster Leichtigkeit und vollkommener Sicherheit ausgeführt werden, wenn man folgender Art verfährt: Man entleert eine reife Frucht von Penicillium und bringt eine beliebige Partie ihrer Sporen in eine klar filtrirte Nährlösung von Backpflaumendecoct. Man lässt die Cultur, die also mit völlig reinem Materiale mit jeder möglichen Vorsicht angesetzt ist, einen Tag oder $1\frac{1}{2}$ Tage in einem vorsichtig bedeckten Uhrglase stehen. In dieser Zeit ist die Keimung der Sporen eingetreten und jede einzelne Spore stellt mit ihrem Keimschlauche ein Object von solcher Grösse dar, dass man es im Gegensatze zu der winzig kleinen Spore mit blossem Auge, jedenfalls aber bei ganz schwacher Vergrösserung deutlich sieht. Man rührt nun die Cultur gut auf und setzt so viel Wasser zu, bis man durch wiederholten Versuch findet, dass in einem kleinen mit einer flachen Nadel herausgenommenen und auf den Objectträger übertragenen Tröpfchen ein oder zwei Keimlinge enthalten sind. Streicht man das Tröpfchen in die Länge, so kann man leicht den einen durch Abwischen entfernen. Durch weiteren Zusatz von Wasser oder Nährlösung, (je nachdem man grosse Mycelien oder Kümmerlinge erzielen will,) ist der Keimling, ohne bei den Manipulationen die geringste Störung erlitten zu haben, gerade so weiter zu cultiviren, wie sonst die einzelne Spore. In einem kurzen Ausdrucke wird bei diesem Verfahren statt der einzelnen Spore der einzelne junge Keimling ausgesäet. Es ist überall dort anzuwenden, wo bei der Kleinheit der Sporen die einzelne schwieriger anzusäen ist, wo dann aber wieder der einzelne grosse Keimling statt dessen ein leicht erkennbares und unterscheidbares Object abgibt. —

Ich werde nächstens in einer kleinen Abhandlung meine Culturmethode bei Pilzen ausführlich mittheilen.

VI. Ergebnisse der Untersuchung.

Mit den Culturversuchen der Ascussporen ist die Untersuchung in langsamem Gange zum Ausgangspunkte, zu den ungeschlechtlichen Fruchtträgern mit den Conidiensporen zurückgeführt. Sie ist zu einem geschlossenen Kreise geworden und somit abgeschlossen.

Es bleibt allein noch übrig zu untersuchen, ob es möglich sein wird mit Hülfe der gewonnenen Resultate die Aufgaben zu lösen, die wir uns gestellt haben, ob wir im Stande sein werden, die vier Fragen genügend zu beantworten, in deren endgültiger Lösung die Arbeit als eine beendigte anzusehen sein würde.

Die erste Frage lautete nach der Auffindung der geschlechtlichen Befruchtung von Penicillium, nach der aus ihr hervorgehenden geschlechtlich erzeugten Pflanze mit ihrer ungeschlechtlichen Sporengeneration. — Die Untersuchung ergab die Existenz eines neuen, bisher niemals gesehenen Pilzes. Seine Entwicklungsgeschichte wurde bis auf den ersten Zustand auf einen geschlechtlichen Vorgang zurückverfolgt, welcher sich der mit Peziza confluens und Eurotium Aspergillus glaucus eröffneten und später in Erysiphe, Ascobolus und Gymnoascus erweiterten Reihe ähnlicher Vorgänge anschliesst. Aus dem befruchteten Ascogon konnte der neu erzeugte Pilz, welcher später in Ascusfrüchten seine ungeschlechtliche Sporengeneration erzeugte, lückenlos hergeleitet werden. Hiermit ist die erste Frage erledigt.

Unsere zweite Frage war auf etwaige Existenz weiterer Propagationsorgane gerichtet, die ausser Penicillium, den lange bekannten ungeschlechtlichen Fruchtträgern, etwa existiren könnten. Die Frage muss aufs bestimmteste verneint werden. Während dreijähriger Beschäftigung mit dem Pilze, in welcher die Untersuchung mit aller Sorgfalt, in allen erdenklichen Substraten von der einzelnen Spore ausgehend geleitet wurde, fanden sich niemals andere als die bekannten Propagationsorgane auf den Mycelien erster Generation vor.

Hiernach sind alle anderweitigen Entdeckungen nach dieser Richtung, welche sämmtlich ohne strenge wissenschaftliche Methoden gewonnen sind, mit dem Prädicate »Erfindungen« in den Ruhestand zu versenken.

Die beiden ersten Fragen betreffen die wesentlichen Momente der Untersuchung selbst; sie sind in der Antwort in Kürze angegeben. — In den beiden letzten Fragen handelt es sich um die Verwerthung der Resultate für biologische und systematische Zwecke und zwar zunächst in der dritten Frage um den Generationswechsel, die Reihenfolge der Fruchtformen von Penicillium. — Aus einer Spore der zweiten ungeschlechtlichen Generation, einer Ascusspore (oder einer Propagations- einer Conidienspore) entsteht ein grosses Mycelium, welches die Geschlechtsorgane trägt, also die erste, die ungeschlechtliche Generation. Mit der Befruchtung beginnt die zweite, es entsteht durch sie die geschlechtlich gezeugte aber ungeschlechtliche Pflanze; der Untergang der ersten ist damit nicht sogleich verbunden, vielmehr bleibt der junge Embryo, die beginnende zweite Generation, mit der Mutterpflanze vorerst in directem Zusammenhange und wird von ihr ernährt. Er wird zugleich von einem Nährgewebe, welches sich aus sterilen Fäden bildet, umgeben und dann später als Sclerotium, einem Samen physiologisch vergleichbar, von der Mutterpflanze getrennt. Nach kurzem oder längerem Ruhezustande wächst der Embryo, als Parasit von dem umgebenden Gewebe lebend, zur ungeschlechtlichen Pflanze heran, die mit der Erzeugung von Ascusfrüchten und Ascussporen ihr Dasein beschliesst. Aus jeder Spore dieser zweiten ungeschlechtlichen Generation geht, wie wir oben sahen, die Geschlechtsgeneration wieder hervor.

Die Conidienträger sind Nebensache in Beziehung auf den Generationswechsel, sie fallen unter den Begriff einer ungeschlechtlichen Vermehrung, die ausser ihm liegt. Dasselbe haben wir auch bei den Zygomyceten gefunden, nur sind hier die Propagationsorgane und die zweite Generation nicht wesentlich verschieden, ein Umstand, der ruhig bedacht einer Missdeutung nicht wohl fähig ist[1]). Penicillium unterscheidet sich folglich, wie

---

[1]) Wenn ich mir diese bei den niederen Pilzen mit sehr einfacher Sexualität im Gegensatze zu den höheren Pilzen mit entwickelterer ausgeprägterer Sexualität obwaltenden Verhältnisse bezüglich der ungeschlechtlichen Vermehrung und der zweiten geschlechtlich gezeugten aber ungeschlechtlichen Generation natürlich und ungezwungen vorstelle und in dem ersten Ursprunge und der Entwicklung mit einander in Einklang zu bringen versuche, führt mich der Gedankengang zu der Idee, dass ursprünglich die Sexualität zuerst auftrat bei denjenigen Organismen, welche in dieser Vermehrung zu einem bestimmten Höhepunkte vorgeschritten sind. Die Sexualität trat im Anfange schwach und in der einfachsten Weise auf, und wegen dieser schwach ausgeprägten Sexualität kann es nicht gerade auffallend erscheinen, wenn ihr Endresultat nicht wesentlich von der hoch entwickelten ungeschlechtlichen Vermehrung abweicht. Dieser Fall scheint mir noch jetzt bei den Zygomyceten und Oosporeen (Saprolegnien und Peronosporeen) vorzuliegen. Beide Fortpflanzungsformen bestehen nebeneinander fort, können je nach Umständen beide zugleich oder einzeln an der Pflanze vorkommen; diese erscheint also hiernach im einen Falle bloss in ungeschlechtlicher Vermehrung, das andere Mal in geschlechtlicher Fortpflanzung. In dem Masse als die sexuelle Differenzirung fortschreitet, wird darunter die ursprüngliche hoch entwickelte ungeschlechtliche Vermehrung leiden und allmählich ganz unterdrückt werden. Gewisse Anklänge des ersten Falles liegen vielleicht bei den Zygomyceten und Peronosporeen vor. (Bei diesen stellt ja die Bildung von Fruchtträgern mit Sporangien den Höhepunkt ungeschlechtlicher Vermehrung dar, ein Höhepunkt, der bei den Zygomyceten in den Mucorinen, bei den Peronosporeen in Cystopus und Peronospora infestans erreicht ist, gegen welchen die Chaetocladiaceen und die meisten Arten der Peronospora in so fern zurückstehen, als hier die Bildung des Sporangiums unterbleibt, dieses auf eine einfache Conidie reducirt ist). Den zweiten Fall haben wir bei den hochentwickelten Pilzen, den Asco- und Basidiomyceten. Hier ist das Product der geschlechtlichen Fortpflanzung in seiner morphologischen Gliederung erheblich fortgeschritten, und gegen die hier sehr einfache ungeschlechtliche Vermehrung zeigt sich eine sehr hervortretende Verschiedenheit. War früher die ungeschlechtliche Vermehrung ausnahmslose Regel, wird die Regel hier zur Ausnahme: es sind nur mehr vereinzelte Gattungen, welche noch eine ungeschlechtliche Vermehrung besitzen. In welchem Verhältnisse aber steht diese ungeschlechtliche Vermehrung hier bei den höheren Pilzen zu den niederen? Ist sie noch die hochentwickelte wie dort? Gewiss nicht; der Unterschied ist gar bedeutend. Die ungeschlechtliche Vermehrung tritt nebensächlich an den hoch gegliederten Mycelien auf, einzelne beliebige Myceläste gliedern Sporen ab; während doch im Gegensatze hierzu bei den Zygomyceten und Peronosporeen die ungeschlechtliche Vermehrung als ein Abschluss des Lebens eines ungegliederten oder erst im Momente der Fructification gegliederten Myceliums auftrat. Hier ist der hochentwickelte Fruchtträger das Endresultat der Entwicklung, die damit abschliesst; dort ist

auch die Zygomyceten, in Betreff des Generationswechsels in gar nichts von den Thatsachen, wie sie bei Moosen, Gefässkryptogamen und Phanerogamen längst bekannt sind. Die erste, die geschlechtliche Generation ist von ausnehmender Grösse wie bei den Laub- und Lebermoosen; die zweite ist klein und lebt parasitisch von einem Nährgewebe, welches sie von der ersten mit empfängt, ohne zur absoluten Selbständigkeit zu gelangen, ebenfalls ähnlich wie bei den Moosen, aber

---

es eine nebensächliche Erscheinung, mit deren längerer Fortdauer freilich auch die Geschlechtsgeneration ungeschlechtlich enden kann. Die ungeschlechtliche Vermehrung in dieser Form kann wohl kaum mehr die ursprüngliche natürliche sein, oder ihr verändertes Ueberbleibsel, zwischen beiden ist der Gegensatz zu gross. Ich möchte glauben, dass hier bei den höheren Pilzen die ursprüngliche Form ungeschlechtlicher Vermehrung nicht mehr existirt, dass sie von der fortschreitenden Sexualität unterdrückt worden ist, und dass die jetzt vereinzelt bekannte ungeschlechtliche Fortpflanzung nur als eine Anpassung, als ein besonderer Vortheil gelten kann, den vereinzelte Gattungen nachträglich gewonnen haben, die sich darum auch vor anderen durch ihre ungeheure Verbreitung auszeichnen z. B. Penicillium crustaceum und Botrytis cinerea. Freilich werden diese Vortheile ungeschlechtlicher Vermehrung der sexuellen Fortpflanzung entgegenwirken und dies kann bei ihrer fortschreitenden Entwicklung dahin führen, dass sie nur mehr unter besonderen Umständen, in besonderen Fällen auftritt; ja es liegt nicht ausser den Grenzen der Möglichkeit, dass schliesslich mit der Zunahme der ungeschlechtlichen Vermehrung, mit zunehmender Abschwächung des Organismus durch sie, die Umstände und Bedingungen in der Natur kaum noch existiren, unter welchen die geschlechtliche Fortpflanzung möglich ist. Bei Penicillium trifft dies zu, hier muss schon die Kunst zu Hülfe kommen, um der überwuchernden ungeschlechtlichen Vermehrung Einhalt zu thun und die dadurch unterdrückte Sexualität hervortreten zu lassen. Vielleicht gibt es aber auch Fälle, wo die Kunst nicht ausreicht, dies zu bewirken; hier hätten wir dann bei den höchst entwickelten Pilzen dem äusseren Thatbestande nach dasselbe, was oben früher mit dem Eintritte der Sexualität da war: eine ausschliesslich ungeschlechtliche Vermehrung. Doch sind beide Fälle trotz ihrer äusseren Gleichheit in Beziehung auf die Fortpflanzung grundverschieden und leicht auseinander zu halten: In der Gliederung der Mycelien prägt sich die hohe Entwicklung der einen, in dem Mangel der Gliederung die niedere Stufe der anderen aus. Hier steht die stark hervortretende ungeschlechtliche Vermehrung im natürlichen Zusammenhange mit schwach ausgeprägter primitiver Sexualität, dort ist sie im Gegentheile eher als nachträgliche Ueberwucherung schon sehr entwickelter sexueller Differenzirung anzusehen. — Wie ich schon früher in meinem Aufsatze »Mucor racemosus und Hefe nebst Bemerkungen zur Systematik der Pilze« (Flora No. 25, 1873) angedeutet habe, sprechen alle zur Zeit bekannten Thatsachen dafür, dass zwischen den einzelnen Gruppen der niederen Organismen gewaltige Abstände bestehen, grössere wie zwischen den einzelnen Abtheilungen der höheren Pflanzen: es sind nur Trümmer die uns geblieben sind. Sie liefern nur unzureichende Mittel, den Grad gegenseitiger Verwandtschaft genau zu schätzen, und die bei den einzelnen Gruppen bekannten Einzelheiten vergleichend zu verknüpfen; die Bestätigung einer alle Gruppen durchlaufenden Idee kann darum kaum anders als mangelhaft sein, sie findet in dem vorhandenen lückenhaften Materiale von selbst die Grenzen.

total entgegengesetzt wie bei den Gefässkryptogamen und Phanerogamen, wo die erste Generation klein, bis zum Verschwinden klein, die zweite von riesenhafter Mächtigkeit ist. — Der Pleomorphismus bei Penicillium beschränkt sich auf die Thatsache, dass auf den Mycelien der ersten Generation auch eine ungeschlechtliche Vermehrung vorkommt in Fruchtträgern, die den Brutknospen der Moose physiologisch und morphologisch gleichwerthig sind. Die Sporen der ungeschlechtlichen Fruchtträger, die in ihrer Reichhaltigkeit eine geschlechtliche Befruchtung ganz in den Hintergrund drängen und dadurch den normalen Lebensgang des Pilzes verdecken können, erzeugen immer nur die erste Generation wieder. Diese kann unbegrenzt immer nur Propagationsorgane tragen, ohne dass die Mycelien geschlechtstüchtig werden. Es lag hiernach die Vermuthung nahe anzunehmen, dass Penicillium, weil man es nicht in Befruchtung fand, wohl erst nach langer Reihe ungeschlechtlicher Generationen endlich einmal zur Geschlechtsreife kommen müsse. Nach dieser Annahme, die in gleicher Weise als Aushülfe zur Erklärung einer ausschliesslich ungeschlechtlichen Vermehrung bei niederen Organismen gelten konnte, wäre allerdings eine ungeschlechtliche Fortpflanzung in den Generationswechsel eingeschlossen. Sie schwebt aber bei Penicillium, wo sie bisher mit mehr Grund als irgendwo gelten konnte, rein in der Luft. Nach den verbesserten Culturmethoden, wie ich sie früher angegeben, gelingt es im Gegentheile ohne alle Schwierigkeit den normalen Generationswechsel herzustellen d. h. Penicillium jedesmal zur geschlechtlichen Fructification zu bringen. Hierbei treten die Conidienträger mehr und mehr in den Hintergrund, werden an einzelnen Stellen kaum gebildet, und ich bin fest überzeugt, dass es noch gelingen wird, sie ganz zu unterdrücken und nur Sclerotien zu bilden, wodurch ihre Nebensächlichkeit zur Evidenz bewiesen wäre. In diesen letzten Thatsachen liegt zugleich die wichtigste Aufgabe verborgen, welche in der Mycologie in nächster Zukunft zu lösen bleibt. Es ist diese: Die Ursachen und Bedingungen zu erforschen, durch die viele Pilze von ihrem natürlichen Generationswechsel abgehalten werden, oder in einem anderen Ausdrucke, die Bedingungen zu finden, durch welche solche Pilze, die gewöhnlich nur in ungeschlechtlicher Vermehrung vorkommen, zur geschlechtlichen Befruchtung, dem Penicillium gleich, gezwungen werden können. Es wird und muss dies gelingen.

In der Aufgabe »bei unvollständig bekannten Pilzen die zweite Generation

den eigentlichen Pilz neu zu suchen und zu finden«,[1] ist der zeitgemässe Standpunkt in der Mycologie klar ausgesprochen, er tritt an die Stelle des früheren, der als überwunden gelten kann. Letzterer findet seinen passendsten Ausdruck in einer Periode der Todesstösse, in welcher man die heterogensten Pilze unbekümmert um ihre Selbständigkeit in die Pfanne des Pleomorphismus schlug. Die Untersuchung des pleomorphsten Pilzes, des Mucor Mucedo, in seinen vermeintlichen vielgestaltigen Fruchtformen hat von Dictyostelium mucoroides an bis zum Penicillium crustaceum incl. nicht bloss keinen neuen Sterbefall, sondern die Wiedererweckung fünf neuer Pilzgattungen (die Arten ungerechnet) zur Folge gehabt, welche sämmtlich neuen Familien angehören und sogar einer neuen grossen Gruppe das Leben gaben. Einen Grund für die Annahme eines besonderen Pleomorphismus bei den Pilzen vermag ich nicht einzusehen. Diese Annahme bringt Complicationen und Schwierigkeiten in die Wissenschaft, die in Wirklichkeit nicht bestehen; sie führt zu unrichtigen Auffassungen einfacher Thatsachen und zu Untersuchungen, deren wissenschaftlicher Werth gar keiner ist. Bei allen Pflanzengruppen, bei den Laub- und Lebermoosen, den Gefässkryptogamen und Phanerogamen gibt es einzelne Familien, oft nur einzelne Gattungen, welche durch eine ungeschlechtliche Vermehrung ausgezeichnet sind. Diese Vermehrung kann neben dem eigentlichen Generationswechsel, den *Hofmeister*[2]) zuerst richtig erkannt hat, in unregelmässiger oder regelmässiger Weise einhergehen, sie kann aber auch diesen vollständig unterdrückend unter Umständen ausschliesslich auftreten. Den Höhepunkt ungeschlechtlicher Vermehrung

---

[1]) Es kann mit Sicherheit angenommen werden, dass dies bei allen bisher nur in ungeschlechtlicher Vermehrung bekannten Pilzen bis zu den niedrigen Formen gelingen wird. Bei den höhern Pilzen mit gegliederten Mycelien sind die grössten Aussichten, hier handelt es sich nur um die Unterdrückung der ungeschlechtlichen Vermehrung ähnlich wie bei Penicillium; bei den niederen Pilzen liegen die Umstände wesentlich anders, hier scheint es mir fraglich, ob man durch äussere Hülfsmittel auf die schwach ausgeprägte Sexualität Einfluss ausüben kann, wenigstens ist die Unterdrückung der ungeschlechtlichen Vermehrung, wie mir zahlreiche Versuche zeigten, nicht das einzige Moment, worauf es ankommt. — Wo die Grenze der Sexualität liegt, folglich eine ungeschlechtliche Generation nicht mehr existirt, lässt sich vorläufig mit Sicherheit nicht angeben; doch ist es im höchsten Grade wahrscheinlich, dass eine solche Grenze existirt, dass es unter den niedrigsten Organismen noch solche gibt, welche zur sexuellen Differenzirung nicht vorgeschritten sind (ich verweise hier auf die vorhergehende Anmerkung und den citirten Aufsatz in der Flora).

[2]) *Hofmeister*, Vergleichende Untersuchung der Gefässcryptogamen und Gymnospermen. Leipzig 1851.

erreicht die Pflanzenwelt bei den Pilzen, dies gilt sowohl in Beziehung auf die Massenhaftigkeit der erzeugten Vermehrungszellen und ihre Verschiedenheit, als auf die Gliederung und Ausbildung der besonderen Organe, der Fruchtträger, an denen sie in den meisten Fällen entstehen. Doch nicht bei allen Pilzen kommt eine ungeschlechtliche Vermehrung vor, sie ist unbekannt bei vielen, den meisten Ascomyceten und Hymenomyceten und bei einigen Uredineen; bei den übrigen ist sie dagegen fast ausnahmslose Regel. Sie erreicht bei einzelnen, auch den höchst entwickelten Pilzen wie Penicillium, einen Höhepunkt, dass der normale Generationswechsel ganz verschwinden kann, dass er sogar bei vielen Pilzen noch gar nicht bekannt ist. Nur bei wenigen Pilzen ist eine ungeschlechtliche Vermehrung 2—3fach verschiedener Art bekannt. Von diesen ist aber gewöhnlich nur eine als wesentlicher Träger der Vermehrung als Hauptform anzusehen, die anderen sind untergeordnet, gelegentliche Erscheinungen. — Da das Auftreten von Propagationsorganen in so ungeheurer Fülle tiefer störend in den eigentlichen Generationswechsel der Pilze eingreift, hier ganz vorherrschen, dort völlig unterbleiben kann nach Bedingungen, die wahrscheinlich verschieden und für die einzelnen Pilze erst näher festzustellen sind[1]), so erklärt es sich leicht, dass wir denselben Pilz einmal in ungeschlechtlicher Vermehrung, das andere Mal in geschlechtlicher Fortpflanzung und das dritte Mal nach beiden Richtungen zugleich thätig finden, dass weiter ein parasitischer Pilz auf der einen Nährpflanze nur zur ungeschlechtlichen Vermehrung, auf der anderen zum normalen Generationswechsel kommt, wie bei den Uredineen[2]). Ehe man die Sexualität

---

[1]) Andeutungen hierüber finden sich in den zwei längeren Anmerkungen der Seite 80 und 81.

[2]) Es ist bei den Uredineen (Aecidieen) nicht zu bezweifeln, dass die Aecidienfrüchte Producte geschlechtlicher Befruchtung sind, dass das Mycelium, auf welchem die Aecidien entstehen, die Geschlechtsgeneration, die Aecidien selbst die zweite ungeschlechtliche Generation repräsentiren. Die Uredo und Teleutosporen sind als die den Aecidieen zugehörige ungeschlechtliche Fortpflanzung, als Conidienformen, anzusehen. Sie kommen bei vielen Gattungen vor, fehlen aber bei Endophyllum Sempervivi und Endophyllum Euphorbiae. Diese letzteren sind Aecidieen mit normalem Generationswechsel. Von den Spermogonien ist es nicht erwiesen, dass sie den Aecidieen zugehören. Spermogonien kommen auch bei anderen Pilzgruppen vor, welche von den Uredineen jedenfalls sehr weit abstehen z. B. den Ascomyceten (Flechten). Es liegt die Möglichkeit vor, dass sie selbständige Pilze sind, welche als Parasiten auf anderen leben. Es hat mir bis jetzt an Zeit gefehlt, Keimungsversuche mit den Sporen der Spermogonien, deren Keimung bisher Niemandem gelungen ist, zu machen, um auf die hier ausgesprochene Vermuthung hin zu untersuchen. Ein gemeinsames Vorkommen, auch ein gemeinschaftliches Auftreten der

bei den Pilzen und den damit verbundenen Generationswechsel richtig erkannt hatte, hielt man Pilze in bloss ungeschlechtlicher Vermehrung für ganze Pilze, ganze Pflanzen, was sie ebensowenig sind, wie ein brutknospentragendes Lebermoos. Als man dann die eigentliche Fortpflanzung, ohne sie richtig deuten zu können, fand, hatte es den Anschein, als ob zwei grundverschiedene Pilze genetisch zusammengehörten, als ob bei den Pilzen etwas ganz besonderes, von allen anderen Pflanzen abweichendes bestünde. *Tulasne* fand dies zuerst, und seine Entdeckung fällt noch vor die Zeit, wo durch *Hofmeister* der Generationswechsel bei höhern Pflanzen bekannt wurde und namentlich vor die Zeit, wo *de Bary's* zahlreiche Untersuchungen eine Sexualität auch bei den Pilzen nachgewiesen hatten. Sie löst sich jetzt, ebenso wie die dadurch entstandene Disharmonie zwischen Pilzen und anderen Pflanzen, zu einer Bestätigung von Thatsachen auf, die von den bei höheren Pflanzen bekannten nicht in der Hauptsache, sondern nur in untergeordneten Dingen verschieden sind.

Welche systematische Stellung haben wir nun dem Penicillium anzuweisen? — Dies ist unsere vierte und letzte Frage.

Nach der ungeschlechtlichen zweiten Generation, den Ascusfrüchten gehört Penicillium der grössten Pilzgruppe, den Ascomyceten, an. Es bleibt die Familie innerhalb der Gruppe zu finden übrig.

In der Existenz von ungeschlechtlichen Propagationsorganen, von Conidienträgern, nähert sich Penicillium dem Eurotium Aspergillus, mit dem es weiter in der Gestalt der Geschlechtsorgane grosse Aehnlichkeit hat. Es unterscheidet sich aber von ihm durch folgende wesentliche Punkte: Erstens dadurch, dass das befruchtete Ascogon sofort mit dem sterilen Gewebe auswächst, was bei Eurotium erst nach Vollendung des Peritheciums geschieht; zweitens durch den eingeschobenen Ruhezustand als Sclerotium, der dem Eurotium fehlt; drittens durch eine Gliederung der zweiten Generation in einen vegetativen und fructificativen Theil, wie sie an Eurotium unbekannt ist[1]. Hierdurch ist die

---

Spermogonien mit Aecidien nach Aussaaten und Infectionen von keimenden Teleutosporen auf Berberis-Blätter begründet einen genetischen Verband nicht genügend, wie die Untersuchungen von Piptocephalis, Chaetocladium und Mucor Mucedo (Schimmelpilze 1. Theil) dargethan haben dürften.

[1]) Diese Gliederung der zweiten Generation, welche an die höheren Pflanzen erinnert, ist bisher bei keinem Pilze gefunden, wird aber wohl wahrscheinlich auch bei anderen höheren

höhere Entwicklung des Penicillium gegenüber dem Eurotium bestimmt ausgesprochen. In eben diesen hier hervorgehobenen Momenten zum Theil, vornehmlich aber in der Structur der Sclerotien und in ihrer Auskeimung erkennen wir bei einem kurzen Ueberblick über die Familien der Ascomyceten sogleich eine frappante Uebereinstimmung von Penicillium mit den Tuberaceen. Diese stehen, wenigstens nach einer Richtung hin, gewiss an dem Endpunkte der Ascomyceten, repräsentiren die höchst entwickelten Glieder dieser Gruppe. Ueber die Entwicklung der Trüffeln bis zum sclerotialen Zustande, bis zum Punkte ihrer Auskeimung im Innern, ist nichts bekannt, ein Vergleich kann also erst an dieser Stelle beginnen. — Wie in dem Bau der Sclerotien von Penicillium unterscheiden wir im Innern einer ausgewachsenen noch nicht ausgekeimten Trüffel, (welche aussen ebenfalls von einem dunklen veränderten Randgewebe umgeben ist) zwei wesentlich verschiedene Elemente. Erstens ein wenig gefärbtes Parenchym, dessen Zellen jedoch nicht überall gleich dicht verbunden sind. Einzelne in der übrigen Masse unregelmässig abgeschlossene Partien desselben führen Luft in ihren Intercellularräumen, und durch den Wechsel ganz geschlossenen, dunkleren Parenchyms mit luftführendem, daher heller erscheinendem wird das gleichmässige Ansehen in der Farbe des Gewebes gestört, es kommt, zu Folge der Anordnung beider zu einander, ein Bild heraus, in welchem dunklere anastomosirende Adern eine hellere Grundmasse zu durchziehen scheinen. Diesem nur der Farbe nach verschieden scheinenden, in Wirklichkeit sonst fast gleichmässigen Grundgewebe liegen als zweites Element, auf dünnen Durchschnitten leicht erkennbar, dunkel gefärbte Hyphen eingebettet. Sie folgen, oft strangweise zusammenliegend, dem Verlaufe des luftfreien Grundgewebes und bestehen aus Fäden von dunkler gelbbrauner Farbe, welche man in guten Präparaten oft über weite Strecken in ziemlich geradem Verlaufe unterscheiden kann. In den besten Zuständen, welche ich an Tuber rufum zu sehen Gelegenheit hatte, welche aber immer schon an einzelnen Stellen Auskeimung und Sporenbildung zeigten, waren die dunklen Hyphen durch Scheidewände in

---

Pilzen vorkommen. Sie wird vielleicht für die Erklärung der Lebensweise ausdauernder Fruchtkörper von Pilzen einige Anhaltspunkte geben, die ja viele Jahre hindurch wachsen, doch wohl kaum anders als durch selbständige Ernährung ohne Mitwirkung der Mycelien der Geschlechtsgeneration.

längliche Zellen getheilt. Sie bilden ein continuirliches Schlauchsystem, welches den ganzen riesigen Fruchtkörper der Tuberaceen durchzieht. Diese Hyphenzüge sind bereits von *Vittadini* gesehen worden und von ihm als venae internae, lineae obscuriores bezeichnet. *Tulasne* betont sie später ausdrücklich, vorzugsweise ihre Beziehungen zur Sporenbildung; ich theile die betreffende Stelle unten in der Anmerkung mit[1]).

Bei der Auskeimung der Trüffeln wachsen nur die einzelnen Zellen der dunklen Fäden aus, verzehren hierbei das umgebende Grundgewebe und bilden seitlich Ascen mit Sporen. Der Prozess der Keimung und die weitere Entwicklung bis zur Reife geht bei hinreichender Feuchtigkeit im Boden vor sich (natürlich ohne jede Ernährung von Aussen) und nimmt bis zum völligen Verzehr des Grundgewebes, bis zur Umwandlung des ganzen Innern in eine dunkle Masse von Sporen, Monate in Anspruch. — Diese Verhältnisse der Structur, der Auskeimung und Reifung der Trüffeln entsprechen durchaus den bei Penicillium gefundenen Thatsachen, die ungekeimte Trüffel entspricht dem Sclerotium, die gereifte Frucht den reifen Fruchtkörpern von Penicillium. Hier wie dort geht die Umwandlung von Sclerotium in Fruchtkörper ausschliesslich im Innern ohne äusserlich wahrnehmbare wesentliche Veränderungen vor sich. — Ueber den Ursprung und die erste Entwicklung der Trüffeln ist der Schlüssel in Penicillium gegeben. Sie entstehen ohne Zweifel auf Mycelien erster Generation durch geschlechtlichen Vorgang, sind also die zweite ungeschlechtliche Generation; die Mycelien erster Generation gehen mit dem vollendeten Wachsthume der Trüffeln zu Grunde wie bei Penicillium, ihre Existenz fällt vor die Ausbildung der Trüffeln, nach deren Vollendung sie nicht mehr zu finden sind.

Wir haben hiernach in Penicillium einen Pilz gefunden, der abgesehen von seinen morphologischen und biologischen Details für sich, in diesen zugleich Licht verbreitet über eine Gruppe von Pilzen, die wie die Tuberaceen, bisher

---

[1]) *Tulasne*, Champignons hypogés p. 35: Etudiées à l'aide du microscope composé, les lignes humides et colorées dont nous parlons présentent à peu près la même texture que le reste du parenchyme dont elles font partie. Les cellules de leur tissu sont cependant plus allongées. Les lignes (au mieux les minces couches dont elles représentent l'épaisseur) ne contiennent jamais de sporanges; mais, bien différentes en cela des veines aerifères, elles engendrent ces organes sur leurs deux faces et conduisent sans doute jusqu' à eux les liquides nourriciers qui viennent du dehors.

wenig gekannt und, weil es an den richtigen Angriffspunkten für eine Untersuchung fehlte, auch wenig untersucht sind. Bevor nun weitere Untersuchungen vorliegen, reichen die vorhandenen Kenntnisse bei den Tuberaceen nicht aus, dem Penicillium einen bestimmten Anknüpfungspunkt auszumitteln. Bei Elaphomyces Leveillei bildet *Tulasne*[1]) dem Penicillium so ähnliche dicke ascentragende und dünne myceliale Fäden ab, dass man unwillkürlich an nahe verwandtschaftliche Beziehungen beider Pilze erinnert wird. Ich möchte desshalb nach dem gegenwärtigen Standpunkt unserer Kenntniss der Tuberaceen, nach den nahen Beziehungen von Penicillium zu diesen, speciell zur Gattung Elaphomyces, anderseits nach manchen Uebereinstimmungen mit Eurotium, Penicillium als Verbindungsglied ansehen, welches die Erysipheen, wenn man Eurotium zu diesen rechnet, an die Tuberaceen anschliesst, und diese mit den übrigen Gliedern der Ascomyceten natürlich verbindet[2]).

---

[1]) *Tulasne*, Champignons hypogés, Taf. XIX, III.

[2]) Auch für die Basidiomyceten, speciell die Gastromyceten und deren Verwandten dürfte in der Entwicklungsgeschichte von Penicillium Idee und Anregung für die Aufnahme neuer Untersuchungen gegeben sein, vornehmlich in dem Umstande, dass bei Penicillium mit der Befruchtung das Ascogon sofort auswächst, und eine Verbindung mit dem umgebenden sterilen Gewebe eingeht. Bei Penicillium war die Untersuchung nur allein möglich, weil bei den reifen Sclerotien in den Gruppen und Strängen kleinzelligen Gewebes die ascogonen Fäden vom sterilen Gewebe unterscheidbar waren und so nach vorwärts und rückwärts verfolgt werden konnten. Ob diese Unterscheidung aber überall möglich ist und vom Beginn der Bildung des Fruchtkörpers bis zu Ende verfolgt werden kann, muss im speciellen Falle die Untersuchung ergeben. Eben diese Unterscheidung zweier verschiedener Hyphenelemente in einem heranwachsenden Fruchtkörper muss in erster Linie beobachtet werden und es dürfte, wenn in einem Falle, wie hier bei Penicillium, die Untersuchung zu Ende geführt ist, genügen, in anderen die Verschiedenheit der beiden den Fruchtträger constituirenden Hyphen soweit zu erweisen, dass aus den einen die sporenabschnürenden Basidien direct hervorgehen, die anderen bei der Sporenbildung nicht betheiligt sind.

Es liegt aber auch nicht ausser dem Bereiche der Möglichkeit, dass an der Bildung der grossen Fruchtkörper der Hymenomyceten ein steriles Geflecht vom Mycelium der Geschlechtsgeneration nicht betheiligt ist, dass vielmehr der Fruchtkörper sich ausschliesslich aus der befruchteten weiblichen Zelle bildet. Diese kann ja vielleicht bis zu einem bestimmten Punkte vom mütterlichen Organismus ernährt werden und sich dann später durchaus selbständig weiter entwickeln. Wäre dies der Fall, so stellte der Fruchtkörper der Hymenomyceten die zweite Generation in Form einer selbständigen mächtigen Pflanze dar, wie wir sie bei den Gefässcryptogamen aus der Eizelle des Archegoniums, bei den Phanerogamen aus dem Keimbläschen des Embryosackes hervorgehen sehen. Wir hätten dann bei den Pilzen eine Reihe von Organismen, in welcher sich die Grössenverhält-

Selbstverständlich kann der hier neu gegründete Ascomycet keinen neuen Namen bekommen. Das bisherige »Penicillium« reicht vollkommen aus. Das frühere Penicillium, die ungeschlechtlichen Fruchtträger, sind die Conidienform des jetzt gefundenen eigentlichen Penicilliums. Es ist ein Missbrauch, wenn jedes Stück eines Pilzes einen Namen führt wie ein ganzer Pilz, aber dem ererbten Uebel ist leider nicht mehr abzuhelfen.

In der grossen Aehnlichkeit und Uebereinstimmung mit Elaphomyces und Tuber, den specifisch unterirdischen Pilzen, war der Gedanke nahegelegt, dass am Ende auch Penicillium seiner Natur nach ein unterirdischer Pilz sein möchte, der im Laufe der Zeit sich oberirdisch acclimatisirt hat in der Weise, dass an die Stelle geschlechtlicher Fortpflanzung eine massenhafte ungeschlechtliche Vermehrung trat, die bei den Tuberaceen bis jetzt nicht bekannt ist. Ich machte zu dem Ende noch eine Reihe neuer Culturen in Erde von verschiedener Beschaffenheit, oder vielmehr ich vergrub Aussaaten (Culturen) von Penicillium auf Brod in Erde. Die Culturen waren vom besten Erfolge begleitet und machen es im höchsten Grade wahrscheinlich, dass Penicillium vorzugsweise unterirdisch zu normaler Fructification kommt. In der Erde ist ja auch der Sauerstoffzutritt geringer wie an der freien Luft, die dort obwaltenden Verhältnisse stimmen also mit denen überein, welche ich in allmählicher Verbesserung der Culturmethoden zur Bildung der Sclerotien herstellte. Noch weiter spricht für Penicillium als unterirdischen Pilz, dass die Sclerotien gegen Feuchtigkeit wenig empfindlich sind, dass sie jedoch durch längeres Liegen an der Luft, durch zu starkes Austrocknen verderben. Bis jetzt habe ich übrigens Penicillium-Sclerotien auch unter der Erde im Freien nicht finden können; sie sind zu klein, um leicht gesehen zu werden.

---

nisse der Geschlechtsgeneration und der ungeschlechtlichen Generation in ähnlicher Weise von Anfang zu Ende umkehren, wie dies von den Moosen zu den Gefässcryptogamen hinauf der Fall ist. Die hohe morphologische Gliederung der Fruchtkörper der Hymenomyceten, namentlich die Thatsache, dass es perennirende Hutpilze gibt, die jährlich an Dimensionen zunehmen, die sich doch höchst wahrscheinlich ganz selbständig ohne weitere Mitwirkung der Geschlechtsgeneration ernähren, sind Umstände, welche mit der hier kurz angedeuteten Idee nicht im Widerspruche stehen; wenigstens möchte ich glauben, dass bei einer eingehenden Untersuchung der Entwicklung des Basidiomyceten-Fruchtkörpers, die gewiss die nächste und wichtigste Aufgabe in der Mycologie ist, die Möglichkeit solcher Verhältnisse nicht ausser Acht zu lassen ist.

Anhang.

Tabellarische Uebersicht

der erfolgreichen Culturen von Penicillium, welche zu der vorstehenden Untersuchung ausgeführt wurden mit Angaben über deren Verlauf.

Aussaat von Conidien- oder Ascussporen auf Brod am:			Das Brod zur Gewinnung der Sclerotien gesehlemmt am:			Gesammtmenge der gebildeten Sclerotien	Sclerotien von derselben Cultur trocken aufbewahrt bis:			Sclerotien von derselben Cultur zum Keimen aufbewahrt bis:			Beginn der Keimung der Sclerotien am:			Cultur unterbrochen am:			Vollkommene Reife der Slerotien am:			In der Cultur nicht gelungen.
Tag.	Monat.	Jahr.	Tag.	Monat.	Jahr.	in Grammen.	Tag.	Monat.	Jahr.	Tag.	Monat.	Jahr.	Tag.	Monat.	Jahr.	Tag.	Monat.	Jahr.	Tag.	Monat.	Jahr.	
9	II	1871	26	IV	1871	3,0				26	IV	1871		VI					1	XI	1871	
1 5 10	VI	—	1	VII	—	3,5	16	VII	1871	16	VII	—										verdorben.
10 16 21 27	IX	—	25	X	—	27,2				25	X											verdorben.
15	III	1872	1	IV	1872	2,2				1	IV	1872	18	V	1872	1	VIII	1872				
14	IX	—	1	X	—	4,3				1	X	—	14	XI	—	15	XII	—				
20	—	—	2	—	—	4,1				2	—	—	20	X	—	5	III	1873				
22	—	—	8	—	—	3,6				8	—	—	21	XI	—	15	III	—				
25	—		12	—	—	4,3				12	—	—	27	—	—	10	III	—				
30	—	—	16	—	—	12,2				16	—	—	1	XII	—	1	IV	—				
							1	—	—	1	—		17	XII					1	VI	1873	
							9	XI	1872	9	XI	1872	25	—	—	1	II	—				
3	X	—	20	X	—	24,5				20	X	—	10	—					22	IV	—	
							10	—	—	10	XI	—	2	I	1873				1	VI	—	
							27	—	—	27	—	—	15	II	—	1	V	—				
12	—	—	1	XI	—	16,2				1	—	—	16	XII	1872	16	I	—				
							16	—	—	16	—	—	2	I	1873	1	II	—				
							27	—	—	27	—	—	14	I	—	1	III	—				
							14	I	1873	14	I	1873	3	III	—				22	VIII	—	
16	X	—	1	XI		10,3				1	XI	1872	18	XII	1872	2	II	—				
							15	XI	1872	15	—	—	6	I	1873	1	IV	—				
							5	I	1873	5	I	—	25	II	—	15	VI	—				
22	XII	—	15	I	1873	15,5				15	I	1873	5	III	—				27	—	—	

150—180 Sclerotien wiegen 0,01 Gramm, hiernach ist die Gesammtmenge der durch Cultur gewonnenen und in den angegebenen Variationen zur Reife cultivirten Sclerotien der Zahl nach leicht zu bestimmen.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. 1. $\frac{1}{300}$. Gestalt der Conidiensporen von Penicillium und deren Keimung in Nährlösung bei schwacher Vergrösserung. *a* die Sporen der Conidienträger, *b* die Keimung der Sporen in Fruchtsaft.

Fig. 2. $\frac{1}{800}$. Sporen von Penicillium und deren Keimung bei stärkerer Vergrösserung beobachtet. *a* Sporen, *b* deren Keimung in Fruchtsaft mit dem protoplasmatischen Inhalte gezeichnet.

Fig. 3. $\frac{1}{400}$. Junges Mycelium von Penicillium noch vor der Fructification, aus einer Conidienspore in Fruchtsaft auf dem Objectträger gezogen. *a* die ursprüngliche Keimspore, *bb* Mycelfäden welche aus dieser hervorgewachsen sind mit protoplasmatischem Inhalte gezeichnet.

Fig. 4. $\frac{1}{400}$. Stück eines älteren Myceliums, dessen Fäden mit einander durch Fusion der Wände verschmolzen sind. Die Figur ist einer Objectträgercultur von Conidiensporen des Penicillium in Fruchtsaft entnommen.

Fig. 5. $\frac{1}{630}$. Aufbau zweier Fruchtträger von Penicillium und deren Sporenbildung in einer feuchten Kammer direct beobachtet. Die einzelnen Figuren sind im Zeitraume von 2—2½ Stunden gezeichnet von Morgens 7 Uhr bis Abends 8 Uhr. I. 1—7. Ein Fruchtträger mit unsymmetrischer einseitiger Verzweigung. 1. Fruchtträger vor der Sporenbildung, *a* Fruchtträger, *b* Endzelle, *c* Seitenzweig der nächst unteren Gliederzelle, *d* Basidie. 2. Beginn der Sporenbildung *a*—*d* wie in 1, *e* sporenabschnürendes Sterigma, *f* erste abgeschnürte Spore. Die weiteren Figuren 3—7 sind nach ihren Bezeichnungen von selbst verständlich. II. 1—7. Ein Fruchtträger mit symmetrischer Verzweigung, Bezeichnungen wie in I.

Fig. 6. $\frac{1}{120}$. Ein kleines Mycelium von Penicillium mit ungeschlechtlichen Fruchtträgern fructificirend. *a* die Keimspore, *b* das aus ihr hervorgegangene Mycelium, *c* Fruchtträger. Das Mycelium wurde aus einer Spore (*a*) auf dem Objectträger in einem Tropfen Fruchtsaft durch Cultur gewonnen. Die Fruchtträger (*c*) lassen sich mit einem Blick direct auf die Keimspore genetisch zurückverfolgen.

Tafel II.

Fig. 7. $\frac{1}{120}$. Stücke von ungeschlechtlich fructificirenden Penicillium-Mycelien, welche auf Objectträgern gezogen sind. Die Mycelien wurden hier mit dem Beginn der Fructification nach vorsichtigem Aufsaugen und Verkleinern des Culturtropfens im feuchten Raume weiter cultivirt. In Folge der hierdurch geschwächten Ernährung und des gesteigerten Luftzutrittes wurden die Myceläste sehr bald zu Fruchtträgern, sie rückten (*a*) den langsam fortwachsenden Mycelenden immer näher, bis endlich *b*, alle gebildeten Aeste und die Enden selbst zu Fruchtträgern werden.

Fig. 8. $\frac{1}{630}$. Verschiedene Formen von Penicilliumfruchtträgern, welche sämmtlich aus Ascussporen eines Fruchtkörpers von Penicillium auf dem Objectträger erzogen wurden. 1—2 unverzweigte Fruchtträger von sehr schlecht ernährten Krüppelmycelien, 3—10 verzweigte Fruchtträger sehr üppigen Mycelien entnommen. In den Figuren 3—10 ist nur ein Theil der vorhandenen sporenabschnürenden Basidien sichtbar, die anderen sind durch die vorderen verdeckt und darum nicht durch die Zeichnung wiederzugeben. (In dieser Figur 8 sowohl wie in der Figur 5 der ersten Tafel sind die Sporenketten nicht ganz natürlich gerathen, die Sporen berühren sich fast mit ihren Rändern, ihre Verbindung ist in der Wirklichkeit enger als in der Zeichnung.)

Fig. 9. $\frac{1}{20}$. Ein sehr üppiges und reich fructificirendes Mycelium aus einer Spore auf dem Objectträger gezogen. Die Mitte *a* ist vor der Fructification gezeichnet, die Keimspore ist bei der Vergrösserung nicht zu unterscheiden, ihre Lage wird durch die von der Mitte ausstrahlenden Mycelfäden angedeutet. Die Mitte wurde natürlich später überdeckt durch die dicht zusammenstehenden ungeschlechtlichen Fruchtträger, deren äusserer Rand in *b* gezeichnet ist. Die Masse der Fruchtträger *b* schreitet nach Aussen fort, in dem Masse als die reichst verzweigten Mycelfäden sich centrifugal ausdehnen. Das Mycelium gleicht schliesslich einer verfilzten Haut, die Masse der Fruchtträger einer dicken Kruste die auf ihr liegt.

Tafel III.

Fig. 10. $\frac{1}{630}$. Geschlechtsorgane von Penicillium, welche sich verschlungen und vielleicht copulirt haben, Ascogon und Pollinodium einem dicken zergliederten Mycelfaden aufsitzend.

Fig. 11. $\frac{1}{630}$. Dieselben nach eingetretener Befruchtung. *a* befruchtetes Ascogon, *b* sterile Fäden, die in seiner Nähe gleich nach der Befruchtung auftreten.

Fig. 12. $\frac{1}{630}$. Vorgeschrittener Zustand. *a* das mit der Befruchtung auswachsende Ascogon, *b* sterile Fäden, welche es beinahe umschliessen.

Fig. 13. $\frac{1}{630}$. Ein junger Fruchtkörper mit seinen zwei verschiedenen Elementen; in der Mitte *a* das sich verzweigende Ascogon in mehrfacher Lage umschlossen von den sterilen Hyphen.

Fig. 14. $\frac{1}{630}$. Zwei verwachsene junge Fruchtkörper, sehr fein durchschnitten. *a a* Verzweigungen des Ascogons, dessen Aeste sich in dem sterilen Geschlechte *b b* ausbreiten. Das letztere dichter verflochten und dadurch von den loeker umgebenden Hyphen *c* durch einen Schatten abgesetzt.

Fig. 15. $\frac{1}{630}$. Etwas weiter entwickelte Zustände von jungen Fruchtkörpern auf sehr feinen Durchschnitten. 1 ausführliche Zeichnung, *a* die ascogonen Hyphen, *b* das zum Gewebe geschlossene sterile Geflecht. 2 und 3 ähnliche Zustände wie 1, nur im Umriss gezeichnet. *a* die ascogonen Hyphen in der Mitte von *b*, dem sterilen Geflecht. 4 drei verwachsene junge Fruchtkörper auf dem Durchschnitt mit dem je in ihnen gelegenen verzweigten Ascogon.

Fig. 16. $\frac{1}{300}$. Weiter entwickelter junger Fruchtkörper im Durchschnitt schwach, vergrössert. *a* ascogone Fäden von dem sterilen Gewebe *b* umschlossen; die Zellen des letzteren in der nächsten Umgebung der ascogenen Fäden kleiner, hier wurde früher das Hyphengeflecht, aus welchem sie durch endlichen Zusammenschluss zum Gewebe hervorgegangen sind, durch ihr Einwachsen zusammengedrückt.

Fig. 17. $\frac{1}{300}$. Durchschnitte von mehreren halbausgewachsenen jungen Fruchtkörpern; 1 vollständig ausgezeichnet, 2 nur in Umrissen angegeben. 1 *a* die ascogonen Fäden in Mitte des sterilen Gewebes, welches sich zu strecken und weiter zu differenziren beginnt. In der Umgebung der ascogonen Fäden sind die Zellen klein, in der Mittelzone bei *b* zwischen dem Rande *c* und der Mitte *a* findet die stärkste Streckung statt; *d* Hyphengeflecht in der Umgebung des Fruchtkörpers. 2 zwei verwachsene Fruchtkörper auf derselben Entwicklungsstufe wie 1; *a* ascogone Fäden, *b* steriles Gewebe, *c* Randzone.

Fig. 18. $\frac{1}{300}$. Durchschnitt eines ausgewachsenen jungen Fruchtkörpers im Beginn der Verdickung der Membranen. *a* die ascogonen Hyphen im Querschnitt und schräger Ansicht mit ihrer nächsten Umgebung aus kleinen sterilen Zellen in dem grossmaschigen Grundgewebe (*b*) Rosetten darstellend; *c* Randzone des Grundgewebes aus tangential gestreckten Zellen gebildet, von welchen durch beginnende Verdickung ihrer Membranen das ausserhalb gelegene nicht verdickte Gewebe und Hyphengeflecht abgestossen wird. Die Verdickung der Zellen im Fruchtkörper beginnt in den Rosetten *a* und der Randzone *c* und ist hier durch stärkere Linien angedeutet.

Tafel IV.

Fig. 19. $\frac{1}{15}$. Fruchtkörper, fertige Sclerotien von Penicillium sehr schwach vergrössert. *a* einfache Sclerotien in extremen Grössen, *b* verwachsene Sclerotien verschiedenster Art.

Fig. 20. $\frac{1}{300}$. Ein fertiges Sclerotium mittlerer Grösse im radialen Durchschnitt. *a* gelbe theilweise verkorkte Randzone des sterilen Gewebes aus kleinen nicht tangential gestreckten Zellen bestehend mit vertrocknetem körnigem Inhalte, welcher der Innenseite der Zellenmembran aufgelagert ist. Am äusseren Rande der Zone befinden sich in kleinen Vorsprüngen spurenhafte Reste des Gewebes, welches ausserhalb der im Rande eintretenden Zellverdickung lag und nach dem Vertrocknen abgestossen wurde. *b* das innere sterile Gewebe

aus mehr radial gerichteten grösseren Zellen bestehend, welche einen protoplasmatischen Inhalt nicht erkennen lassen. In den stark verdickten Membranen zweier aneinander stossender Zellen ist eine Mittellamelle deutlich unterscheidbar, welche im Mikroskope etwas violett erscheint und in den Zelllagen der Randzone zur dunklen Linie wird. Die Membranen sind getüpfelt, die Tüpfel aber nicht offen, sondern durch eine dünne Membranplatte geschlossen. Von der Fläche gesehen haben die Tüpfel das Ansehen runder oder ovaler Poren mit starkem Randschatten, im Profil sieht man die durchbrochene Stelle als Spalt mit geschweiften Rändern, in der Mitte die dünne Zwischenlamelle. Die Tüpfel sind in dieser Figur nicht überall ausgezeichnet, sondern oft nur als dicke Linien zwischen zwei Zellen angedeutet. *c c* die ascogonen Fäden von sehr kleinen Zellen des sterilen Gewebes umgeben und dadurch deutlich hervortretend. Oben in der Figur befinden sich Fäden im Längsverlauf und an einer Stelle verzweigt, unten im Querschnitt deutliche Rosetten darstellend. Die Verdickung der Zellenmembranen ist in diesem Sclerotium sehr mächtig und bis zur Unkenntlichkeit der Gestalt der Zellen vorgeschritten, deren ursprüngliche Form vor der Verdickung durch die Mittellamelle bezeichnet wird.

Fig. 21. $\frac{1}{800}$. Querschnitt eines kleineren Sclerotiums in etwas tangentialer Richtung geführt. Die Randzone *a* erscheint mächtiger, das sterile Füllgewebe *b* weniger radial gerichtet; die ascogonen Hyphen *c* sind nur im Querschnitt vorhanden, mit ihrer Umgebung aus kleinen sterilen Zellen Rosetten bildend. Die Zellverdickung ist in diesem Sclerotium weniger mächtig, die Zellen in fast natürlicher Gestalt erkennbar. Die in dem Querschnitt im Profil vorhandene Tüpfel sind hier ausgezeichnet, und in der Randzone durch dunkle Linien angedeutet.

Fig. 22. $\frac{1}{300}$. Durch Maceration in verdünnter Salpetersäure und chlorsaurem Kali freipräparirte Zellen eines Sclerotiums. *a* Zellen der Randzone, *b* Zellen des sterilen Füllgewebes.

Fig. 23. $\frac{1}{300}$. Radialer Querschnitt eines Sclerotiums mässiger Grösse nach 7wöchentlicher Cultur auf feuchtem Fliesspapier; Beginn der Auskeimung der ascogonen Fäden vom Centrum aus. *a* und *b* wie in Figur 20 und 21, *c* ein wiederbelebter ascogoner Faden noch ohne Scheidewände von den gleichsam corrodirten kleinen Zellen des Füllgewebes noch umgeben, *d* ein anderer Arm eines ascogonen Fadens, welcher schon in einzelne Gliederzellen zerfallen ist, in seiner nächsten Umgebung dünne myceliale Fäden, (deren Ursprung vom dicken Faden hier nicht sichtbar ist) welche hier das kleinzellige sterile Gewebe in der Umgebung des ascogonen Fadens schon an einer Stelle gelöst haben, *e* ascogone Rosetten am Rande des Sclerotiums, welche noch unverändert im Dauerzustande geblieben sind.

Fig. 24. $\frac{1}{300}$. Radialer Querschnitt eines grösseren Sclerotiums in etwas weiter vorgeschrittenem Stadium der Keimung acht Wochen nach der Cultur. *a* und *b* wie früher, *c* ein wiederbelebter, durch Querwände schon gegliederter ascogoner Faden im Längsverlauf, *d* ein anderes Stück eines Fadens, welcher aus einer Gliederzelle Sprossen zweierlei Art erzeugt, dickere später

ascenerzeugende in Art einer Arabeske verästelt, und dünne myceliale, welche das Gewebe verzehren und die dicken ernähren; *e* ascogones Fadenstück schräg verlaufend gerade an der ausgekeimten Gliederzelle durchschnitten den gleichen Ursprung beider fadigen Sprosse der dicken und der dünnen aus einer Gliederzelle zeigend. *f* ein von unten nach oben verlaufendes Fadenstück von mycelialen Fäden umgeben, deren Ursprung nicht sichtbar ist; *g* leere Höhlung aus welcher die ascogonen Fäden herausgefallen, einige Stückchen der dünnen mycelialen Fäden aus der Verbindung geschnitten, an einer Stelle in dem corrodirten Gewebe hängen geblieben; *h* Rosetten am Rande des Sclerotiums, in deren Mitte sich der ascogone Faden zu beleben beginnt. — Es sind mit eingetretener Auskeimung dreierlei Fäden im Sclerotium zu unterscheiden. Der ursprüngliche ascogone embryonale Faden, welcher einen Arm des befruchteten und verzweigten Ascogons darstellt, und die zwei fadigen Sprosse, welche aus einer Gliederzelle des embryonalen Fadens stammen, von denen der dicke Ascen erzeugt, der dünne steril bleibt. Da hier folglich zwischen den ascogonen Mutterfäden und den ascenerzeugenden Tochtersprossen derselben zu unterscheiden ist, beide aber wegen der Aehnlichkeit in der Bezeichnung leicht verwechselt werden können, so wäre es im Interesse der Klarheit wohl besser, erstere in allgemeiner Bezeichnung embryonale Fäden zu nennen.

Tafel V.

Fig. 25. $\frac{1}{300}$ Radialer Querschnitt eines grossen Sclerotiums, 9 Wochen cultivirt. Keimung der ascogonen Fäden in der Mitte sehr vorgeschritten, am Rande noch ungekeimte Rosetten *g g*. *a* und *b* wie früher; *c* und *d* Auswachsen der dicken (ascenerzeugenden) und dünnen (mycelialen) Sprosse aus ein und derselben Gliederzelle des ascogonen Fadens; *e* dicke und dünne Sprosse weiter entwickelt, die Höhlung des verzehrten sterilen Gewebes ausfüllend, die dicken in der Mitte, die das Gewebe verzehrenden dünnen am Rande; *f* eine ausgefallene Stelle der Auskeimung. Das sterile Gewebe des Sclerotiums ist in dieser Figur sehr gross mit nicht besonders stark verdickten Membranen.

Fig. 26. $\frac{1}{300}$. Ein radialer Querschnitt eines grossen Sclerotiums, 10 Wochen nach der Cultur. *a* und *b* wie früher; *c c* die leeren Höhlungen, aus welchen der ganze Keimapparat herausgefallen ist, das allmähliche Aufzehren des sterilen Gewebes in den dünnen Membranresten, welche in die Höhlung hineinragen, veranschaulichend; *d* eine erhaltene Stelle; *e e* erst eben beginnende Auskeimungen der ascogonen Fäden am Rande des Sclerotiums. Das sterile Gewebe ist hier von ausnehmender Grösse, seine Membranen sind stärker verdickt wie in der vorigen Figur.

Fig. 27. $\frac{1}{630}$. Ascogone Fäden im Beginn der Keimung der Sclerotien durch Maceration frei gelegt. Die Gliederung der Fäden ist eingetreten, aber noch keine Auskeimung der Gliederzellen.

Fig. 28. $_{6\,3\,0}^{1}$. Auskeimende ascogone Fäden verschiedener Art für sich gezeichnet, einer grossen Menge von Präparaten entnommen. *a* ascogone Fäden im normalen Längsverlauf, 1 gegliederter ascogoner Faden, 2 dicker später ascenerzeugender Spross, dünner mycelialer Spross, beide einer Gliederzelle des ascogonen Fadens entsprungen. *b* auskeimender ascogoner Faden, welcher in die Mitte einer querdurchschnittenen Rosette (4) ausmündet. *c* ascogone Fäden im schrägen Verlaufe quer durchschnitten gerade an der auskeimenden Zelle, Bezeichnungen wie in *a*.

Fig. 29. $_{6\,3\,0}^{1}$. Ascogone Fäden in vorgeschrittener Auskeimung. 1 gegliederter ascogoner Faden, 2 ascenerzeugender Spross einer Gliederzelle des ascogonen Fadens mit seiner eingerollten Spitze und Aesten in Form von Arabesken, $2_{|}$ Profilansicht eines dicken Sprossarmes, 3 myceliale Fäden reich verzweigt.

Fig. 30. $_{6\,3\,0}^{1}$. Weiter vorgeschrittene Zustände der Auskeimung und Entwicklung der ascenerzeugenden und mycelialen Sprosse. In einzelnen Figuren haben mehrere Zellen des ascogonen Fadens ausgetrieben in der sichtbaren Länge; Bezeichnung wie in Fig. 29.

Fig. 31. $_{6\,3\,0}^{1}$. Dieselben im letzten Stadium, in welchem die ursprünglichen Verhältnisse noch zu unterscheiden sind. 1 gegliederter ascogoner Faden, 2 ascenerzeugender Spross auf ihm mit zahlreichen Seitenästen, welche später zu Ascen werden, indem sie mit fortschreitendem Längenwachsthum in den kurzen Grenzen zweier Biegungen zu länglichen Birnen (4) anschwellen, deren jede nach weiterer Gliederung durch Scheidewände zu einem Ascus wird, $2_{|}$ Profilansicht von ascenerzeugenden Sprossen, 3 myceliale Fäden reich verzweigt.

Fig. 32. $_{3\,0\,0}^{1}$ Ansicht des jungen Pilzes (zweite ungeschlechtliche Generation), in ascenerzeugende und myceliale Fäden gegliedert, wie er als Parasit in dem Sclerotium lebt bei schwächerer Vergrösserung, *a* in einer Profil, *b* in einer Seitenansicht.

Fig. 33. $_{6\,3\,0}^{1}$. Spitzen von ascenerzeugenden Hauptaxen in verschiedener Art und Entwicklung; einfach verzweigte Axen. *a* die Endzelle, welche sich einrollt und später wieder nach oben biegt mit jedesmaliger Wendung einen Seitenast bildend. b^1 bis b^5 Seitenäste in verschiedenen Stadien der Fortbildung, welche sehr schnell mit der Entfernung von der Spitze fortschreitet. Zwischen b^2 und b^3 oder b^3 und b^4 beginnt die Gliederung der Hauptaxe. Zwischen je zwei Seitenästen tritt eine Scheidewand auf, so dass also jede Gliederzelle einen Seitenast trägt. Der erste Seitenast tritt stets auf dem Rücken der eingerollten Spitze *a* der Hauptaxe auf, und ist hier als kleiner Höcker b^1 sichtbar.

Tafel VI.

Fig. 34. $_{3\,0\,0}^{1}$. Etwas tangentialer Querschnitt eines grossen Sclerotiums, 3 bis $3\frac{1}{2}$ Monat nach der Cultur. Sämmtliche ascogone Fäden sind ausgekeimt, und haben sich durch den Verzehr des sterilen Gewebes zu einer grossen mit Fäden angefüllten Höhlung im Innern des Sclerotiums vereinigt. *a* Randzone,

b steriles Gewebe, *c* myceliale Fäden, welche direct mit dem umgebenden noch nicht verzehrten sterilen Gewebe in Berührung stehen und dieses allmählich lösen und verzehren; *d* ascenerzeugende Fäden, welche in diesem Zustande schon reife Ascenzweige tragen. *e e* Krystalldrusen und regelmässige Krystalle von oxalsaurem Kalk.

Fig. 35. $_{6}\frac{1}{3\,0}$. Spitze eines verzweigten ascenerzeugenden dicken Fadens, dessen seitliche Verzweigungen fast in einer Ebene liegen. *a* oberes Ende, Spitze, *b* hinteres Ende an welchem die Axe des Fadens abgebrochen ist.

Fig. 36. $_{6}\frac{1}{3\,0}$. Spitzen zweier ascentragender Fäden, das obere Ende im Profil, das hintere abgebrochene schon mit fast reifen Ascenzweigen versehen. *a* ohne einen mycelialen Faden, *b* mit einem solchen.

Fig. 37. $_{6}\frac{1}{3\,0}$. Myceliale dünne Fäden verschiedener Form frei präparirt. Die angeschwollenen Enden sind wahrscheinlich Zellen der Hauptaxe des ascentragenden Fadens, an welchem sie entstanden sind. Die Fäden sind mit Querwänden versehen, welche zum grösseren Theil erst dann sichtbar werden, wenn sie ausser Verband mit den ascogonen Fäden getreten sind durch deren Absterben an den hinteren reiferen Theilen.

Fig. 38. $_{6}\frac{1}{3\,0}$. Stücke von fructificirenden dicken Fäden, deren ascentragende Seitenäste reif hier schon theilweise abgefallen, dort noch in Form eines dicken Knäuels erhalten sind.

Fig. 39. $_{6}\frac{1}{3\,0}$. Ascenketten in den verschiedenen Zuständen der Sporenbildung meist noch an der Mutterzelle der Hauptaxe sitzend, welche sich losgegliedert hat.

Fig. 10. $_{6}\frac{1}{3\,0}$. Hauptaxen, von welchen die Ascenzweige meist abgefallen sind. *a* mycelialer Faden, der noch haftet, *b* schlangen- oder zickzackförmig gebogene Hauptaxe aus einzelnen kurzen Gliederzellen aufgebaut, deren jede ein blosses Rudiment oder auch Stücke (*c*) von Ascenzweigen trägt. In einer Figur sind die Ascenzweige in zartem Contour (*c*) schematisch um die Hauptaxe ergänzt, ein vollständiges Bild des Pilzes in seiner Sporenreife zu geben.

Fig. 11. $_{6}\frac{1}{3\,0}$. Vollständig von Ascenzweigen befreite Axen. Jede Gliederzelle derselben ist mit einer kurzen Ausstülpung versehen, welche den Seitenast trug, der abgefallen ist. In einem Bilde dieser und der vorhergehenden Figur (an welchen die engere Bezeichnung *a* und *b* fehlen) ist die Hauptaxe verzweigt.

Fig. 12. $_{4}\frac{1}{0\,0}$. Form von Krystalldrusen und regelmässigen Krystallen von oxalsaurem Kalk der beim Verzehr des sterilen Gewebes durch die mycelialen Fäden ausgeschieden wird. *a* Krystalldrusen, *b* und *c* regelmässige Krystalle. Die letzteren gehören dem quadratischen Systeme an, sind in der Flächenansicht *b* scheinbar reguläre Octaeder, deren reguläre Form aber aufhört, wenn man sie in die Profilansicht *c* bringt, wo es sich dann zeigt, dass sie dem quadratischen und nicht dem regulären System angehören.

Fig. 13. $_{3}\frac{1}{0\,0}$. Ansicht eines Querschnittes von einem 5—6 Monate cultivirten Sclerotium. *a* gelbe Randzone, *b* steriles Füllgewebe, *c* myceliale Fäden, *d* ascentragende Fäden, *e e* Drusen und Krystalle von oxalsaurem Kalk, *f* reife Sporen mit zerfallenen Axen und mycelialen Fäden gemischt. Die Hauptaxen sterben mit der Sporenreife der Ascen an den hinteren Enden, also in der Mitte des Sclerotiums ab, während sie an ihren Spitzen der Peripherie zu weiterwachsen.

Fig. 44. $\frac{1}{300}$. Reifes mit Ascussporen angefülltes Sclerotium 7—8 Monate nach der Cultur. *a* gelbe Hülle, frühere Randzone, die erhalten bleibt und als Blase die Sporenmasse umschliesst, *e* Drusen und Krystalle, *f* reife Sporen. Die Sporen füllen das Sclerotium etwa zu Zweidrittel aus, sind aber unvermeidlicher Weise zum grössten Theile aus dem Schnitt herausgefallen.

Tafel VII.

Fig. 45. $\frac{1}{800}$. Ascussporen von Penicillium, *a* von oben, *b* von der Seite gesehen. (Bei *a* steht aus Versehen eine Figur welche zu *b* gehört.

Fig. 46. $\frac{1}{800}$. Keimung von Ascussporen in concentrirtem Fruchtsaft, *a* durch völliges Zerspalten des Exosporiums in zwei Hälften, *b* durch einseitiges Oeffnen desselben.

Fig. 47. $\frac{1}{800}$. Bildung von Keimschläuchen aus den keimenden Sporen.

Fig. 48. $\frac{1}{400}$. Mycelbildung aus den Keimschläuchen, *a* Keimspore mit anhängenden Klappen des Exosporiums, *b* Mycelium. Dies Mycelium ist vollkommen identisch mit dem der Figur 3 Tafel I, welches aus einer Conidienspore in Fruchtsaft gezogen wurde.

Fig. 49. $\frac{1}{180}$ und $\frac{1}{630}$. Kleines Mycelium aus einer Ascusspore gezogen, welches an einzelnen Fäden mit ungeschlechtlichen Conidienträgern fructificirt, die im ersten Blick auf die Keimspore mit anhängendem Exosporium genetisch zurückverfolgt werden können. I. *a* Ascusspore, *b* Mycelium, *c* Fruchtträger, II der mittlere Theil des Myceliums mit der Keimspore und ihren Klappen stärker vergrössert.

Fig. 50. $\frac{1}{120}$ und $\frac{1}{630}$. Ein grösseres mit Conidienträgern reich fructificirendes Mycelium aus einer Ascusspore in Fruchtsaft gezogen. I *a* Ascusspore in der Mitte des Myceliums *b*, *c* Pinsel von Penicillium, deren jeder auf die Keimspore mit ihren Klappen zurückgeführt werden kann. II die Keimspore mit ihrer nächsten Umgebung stärker vergrössert. — Die Bilder der Figur 49 und 50 entsprechen genau der Figur 6 auf Tafel I. Der einzige Unterschied besteht in der Keimspore, die hier eine Ascusspore mit ihrem charakteristischen Exosporium, dort nur eine einfache Conidienspore ist.

Tafel VIII.

Fig. 51. $\frac{1}{180}$ und $\frac{1}{630}$. Krüppelmycelien mit Fruchtträgern aus einer Ascusspore in sehr verdünntem Fruchtsaft gezogen. Die Figuren zeigen den Zusammenhang des Penicilliumfruchtträgers mit der Ascuskeimspore durch das kleine Mycelium in der einfachsten Weise. I *a* Keimspore, *b* Mycelium, *c* Fruchtträger von Penicillium. In II ist immer die auskeimende Spore der entsprechenden Hauptfigur zur besseren Verdeutlichung bei starker Vergrösserung noch einmal gezeichnet.

Fig. 52. $\frac{1}{10}$. Penicillium als Parasit in einem Kopfe von Mucor lebend. Die Figur dient zur Illustration des von anderen Mycologen behaupteten und nachgewiesenen Zusammenhanges von Penicillium und Mucor; man sehe hierüber den Abschnitt der Literatur von Penicillium. *a* Stiel von Mucor (Phycomyces) nitens Kunze, *b* dessen Sporangium mit Sporen- und massenhafter Zwischen-

substanz zwischen ihnen. In der quellenden Zwischensubstanz lebt Penicillium sein Mycelium dort reich verzweigend und bis tief in den Fruchtträger nach Durchbohrung der Columelle hinabsendend, *c* Fruchtträger von Penicillium, welche vom Mycelium im Sporangium nach allen Richtungen nach Aussen gehen.

Fig. 53. $\frac{1}{40}$ und $\frac{1}{400}$. Ein altes Sclerotium in welchem die embryonalen Fäden durch zu langes Aufbewahren keimunfähig geworden sind, welches aber mehrere Wochen nach der Cultur aus den inneren Zellen des sterilen Gewebes Conidienträger bündelweise hervorbringt. *a* Sclerotium, *b* Conidienträger, *c* eine der auskeimenden Zellen des sterilen Gewebes.

Fig. 54. $\frac{1}{30}$. Coremiumform von Penicillium von der Oberfläche einer Birne genommen, deren Inneres von Penicilliummycel durchwuchert war. *a* Bündelweise zu einem dicken Stiel vereinigte sehr lang gewachsene Fruchtträger, *b* ihre hutförmig vereinigten sporenabschnürenden Köpfe.

Fig. 55. $\frac{1}{300}$. Sehr tangentialer Schnitt eines kleinen Sclerotiums. Die Randzone *a* erscheint hier auf tangentialem Schnitt sehr mächtig, das sterile Füllgewebe nur noch von drei embryonalen Fäden durchzogen, welche im Querschnitt getroffen in *c c* Rosetten bilden. *d* die Keimspore eines nicht sicher ermittelten Pilzes, wahrscheinlich Pleospora herbarum, welcher mit seinem Keimschlauche *e* in das Sclerotium eingedrungen ist und sein Mycelium *f f* die Zellwände des sterilen Gewebes *b* durchbrechend im Sclerotium ausbreitet.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.

Fig 1.

Taf I.

Fig 2.

Fig 5.

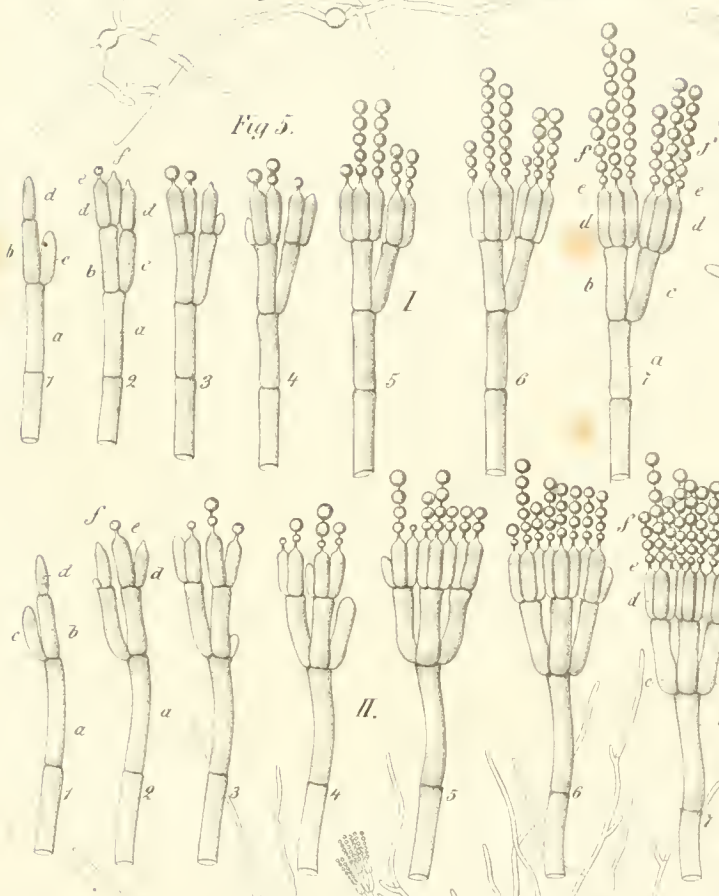


Fig 3.

Fig 4

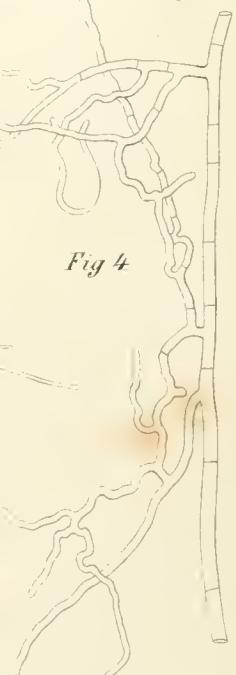
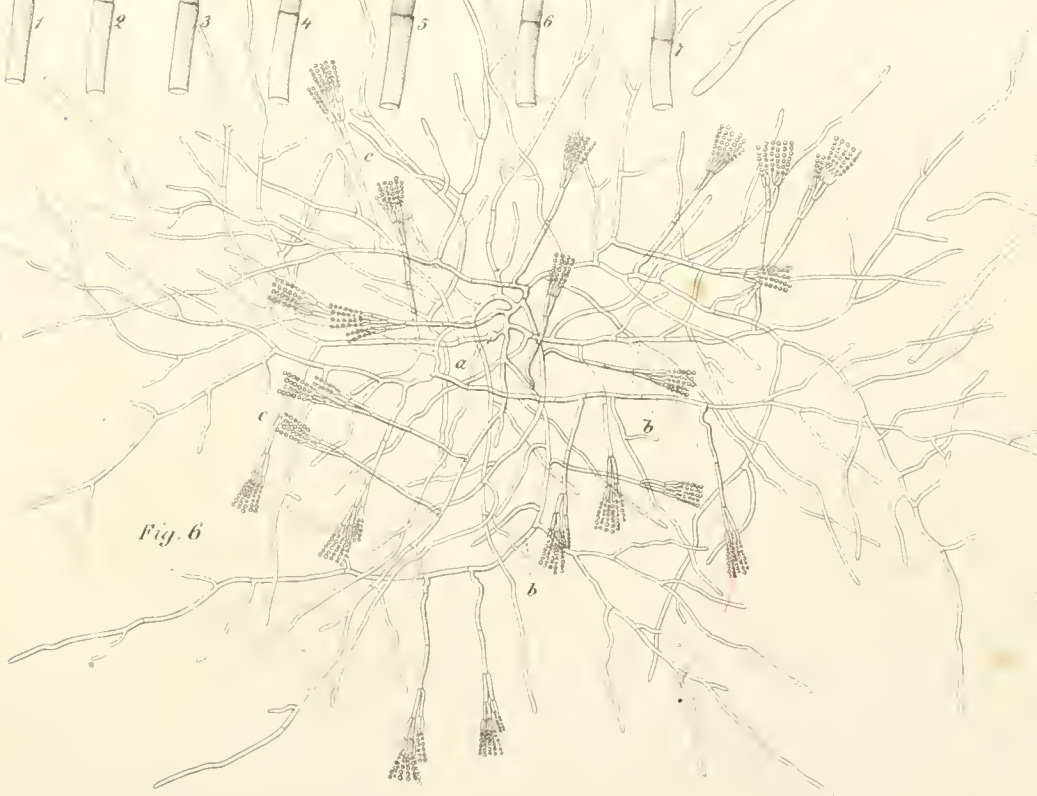


Fig. 6



O Brefeld gez

C F Schmidt lith

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN.

Fig 7a

Fig. 7b

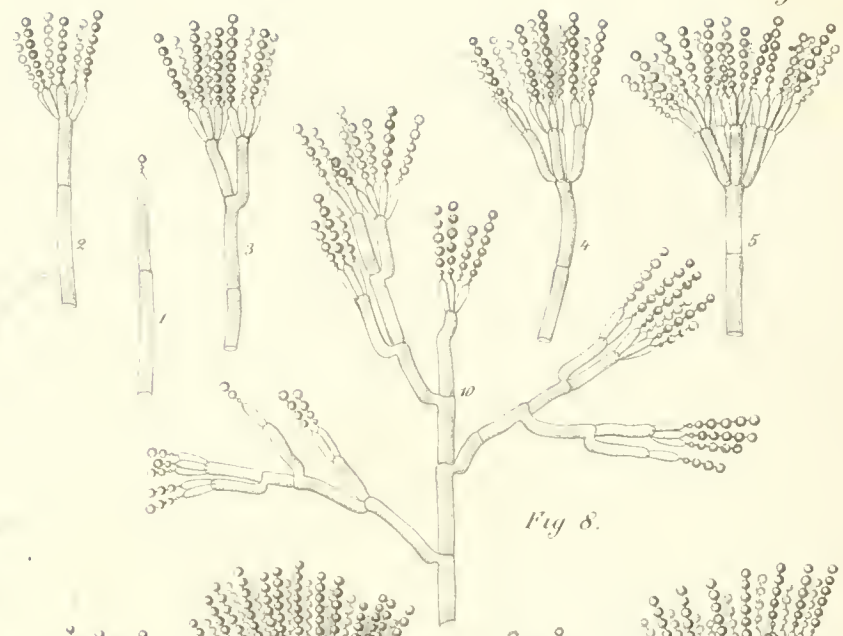
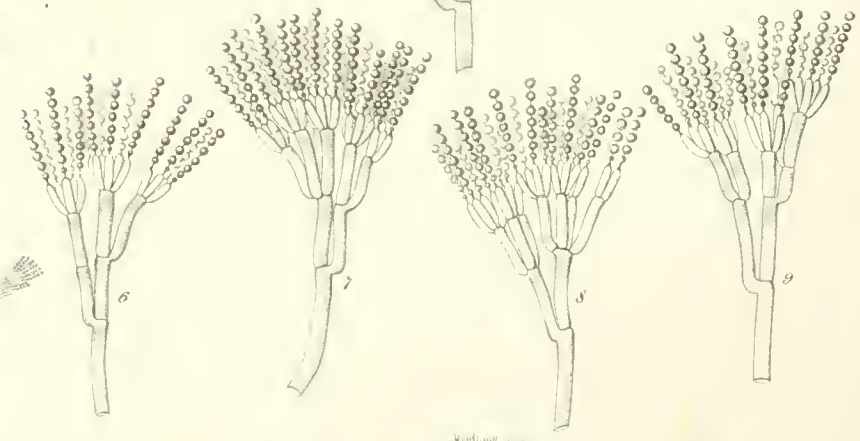


Fig 8.



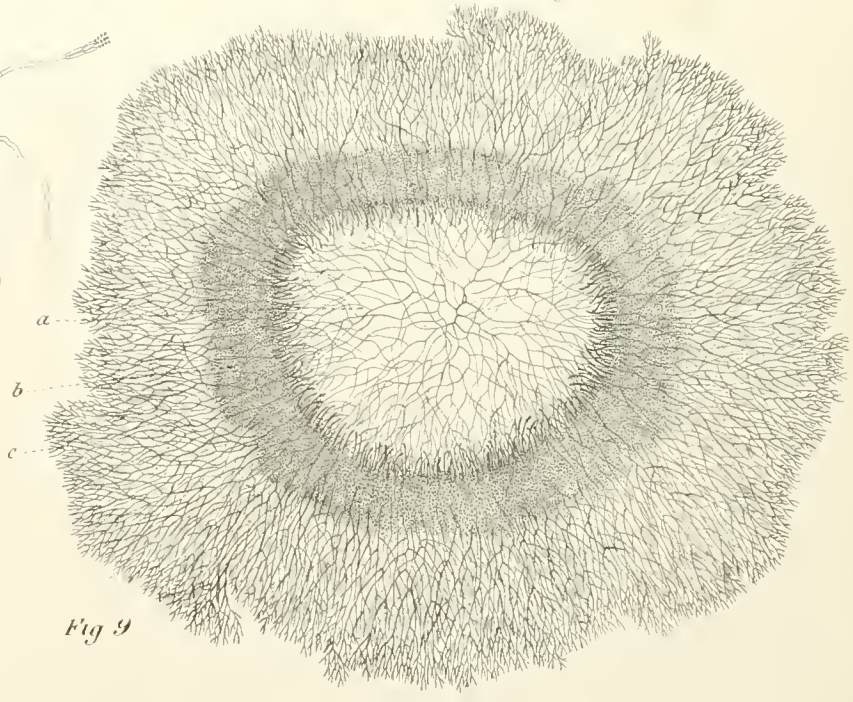


Fig 9

O Brefeld gez

C F Schmidt lith

Fig 10

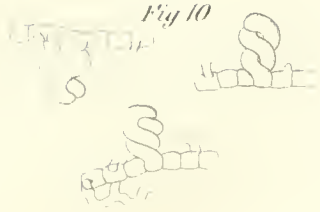


Fig 11

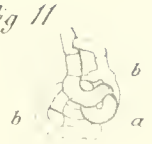


Fig 12.

Fig 13

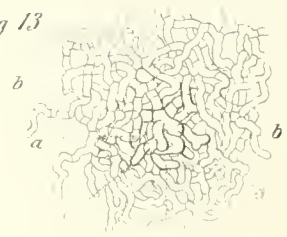
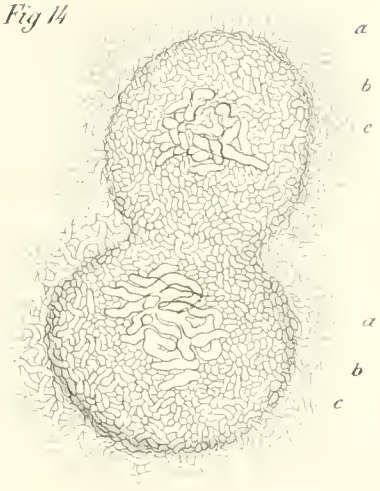


Fig 14



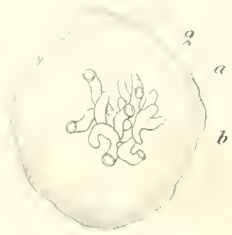


Fig. 15

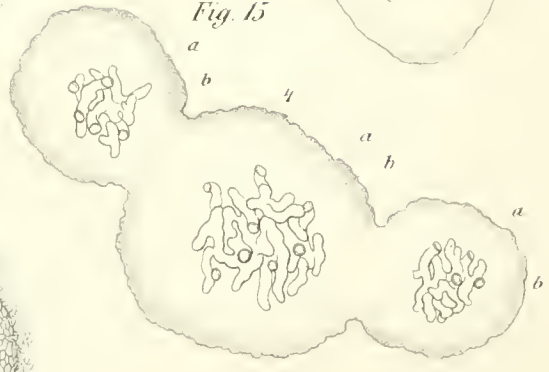


Fig 16

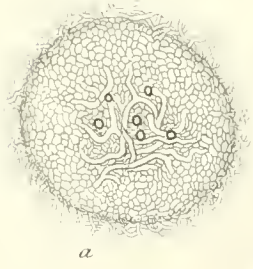


Fig 17

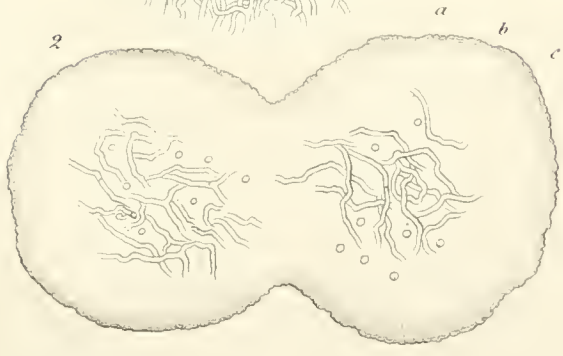
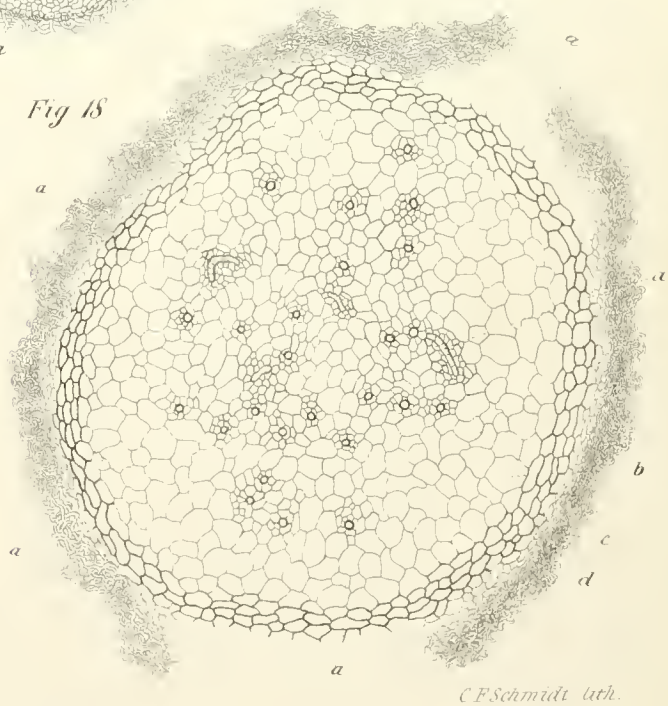


Fig 18



O.Brefeld gez

C.F.Schmidt lith.

Taf II

Fig 20

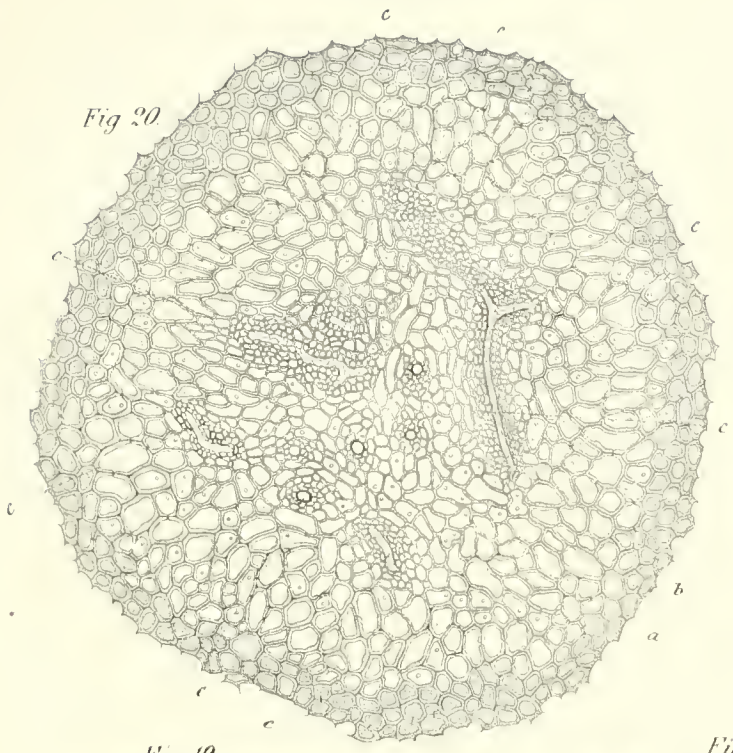


Fig 21

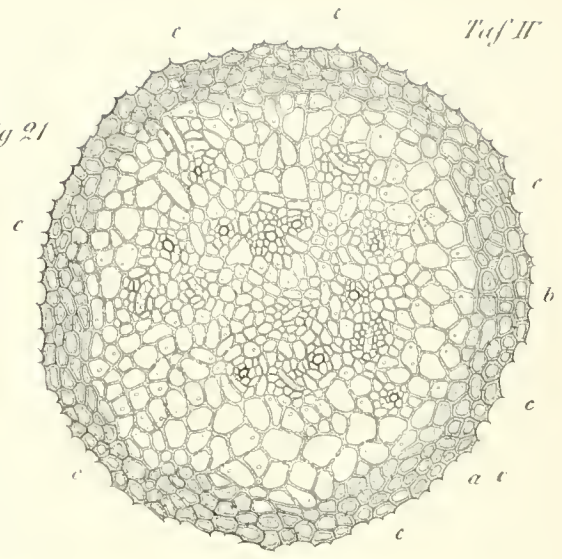


Fig 19

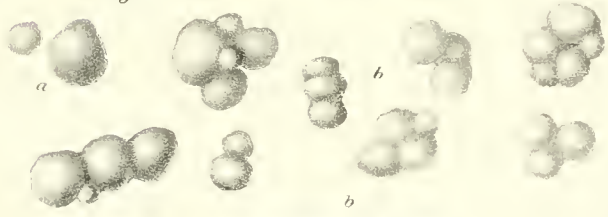


Fig. 23

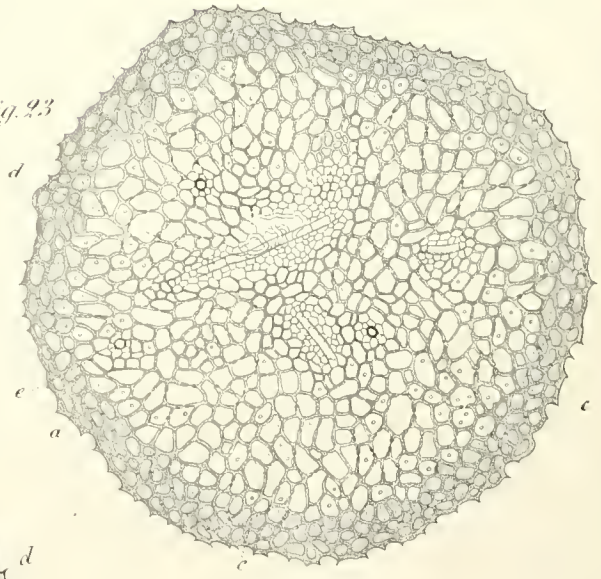


Fig. 24

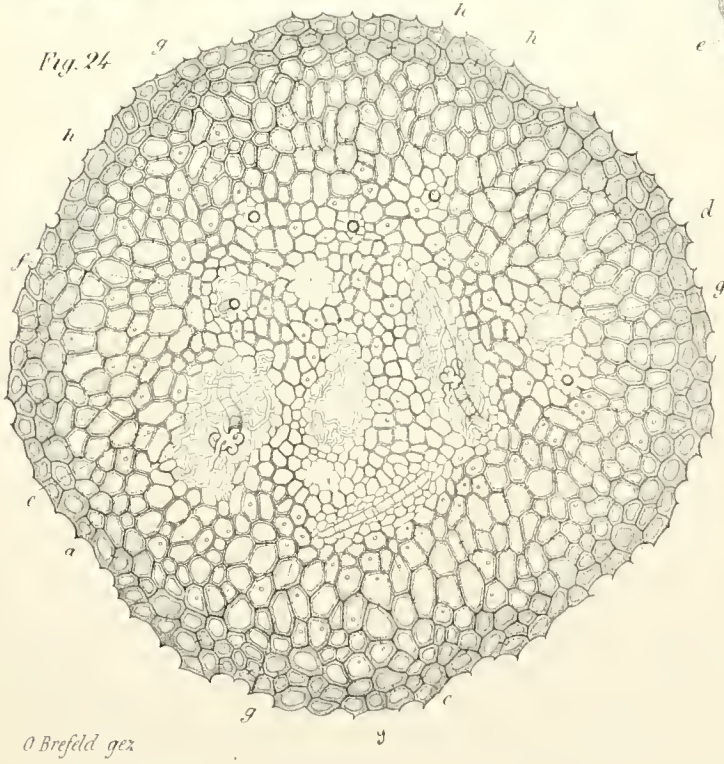


Fig 22

O Brefeld gez

C F Schmidt lith

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN.

Taf V.

Fig 27.

Fig 28a

Fig 28b

Fig 28c

Fig 32b

Fig 25.

Fig 29.

Fig 31

Fig 32a

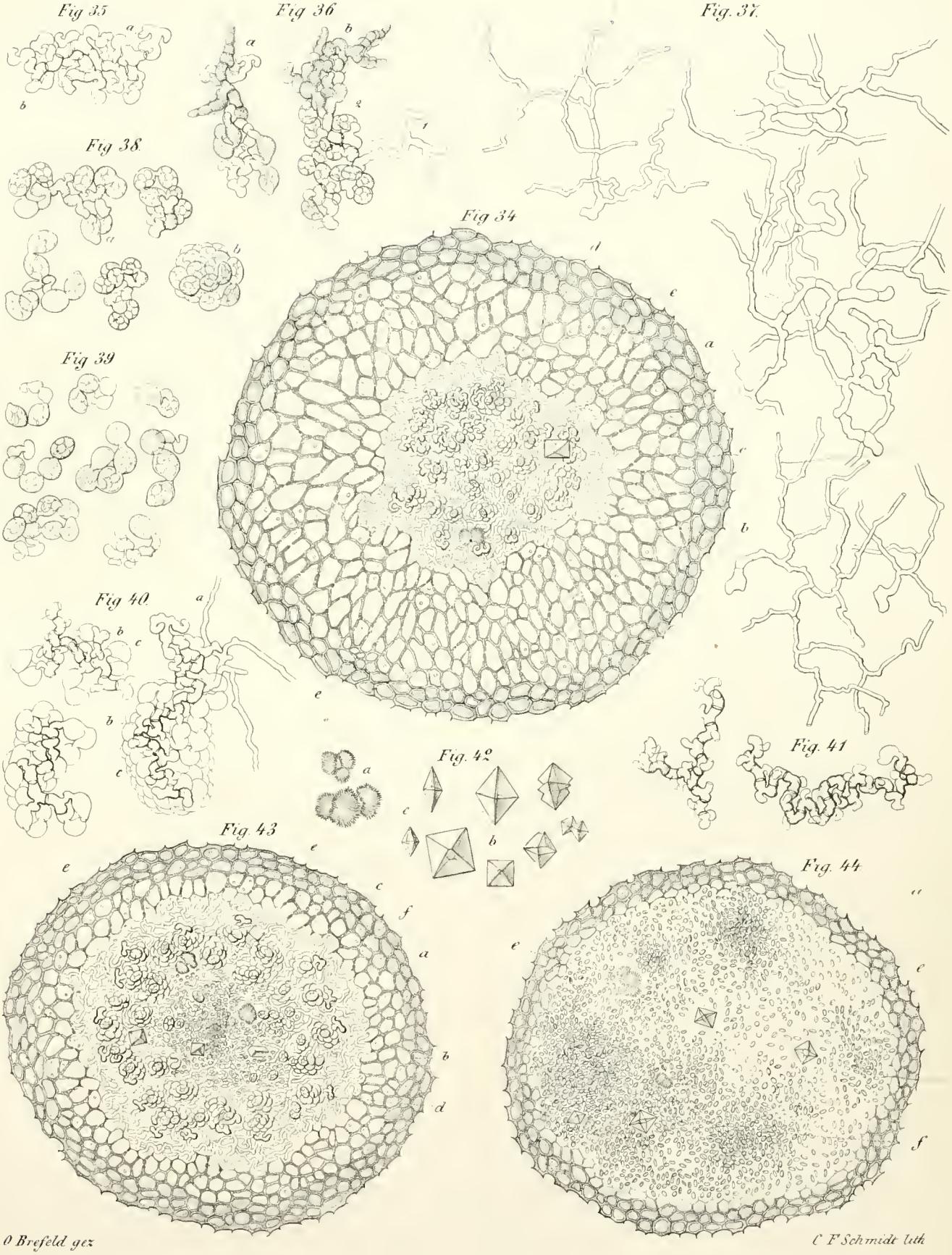
Fig 30

Fig 26.

Fig 33

O Brefeld gez

C F Schmidt lith



O Brefeld gez

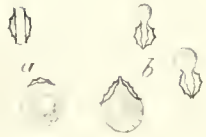
C F Schmidt lith

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN.

Taf VII.

Fig 15.

Fig 16



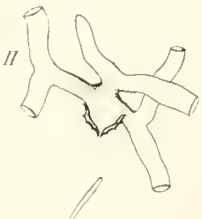


Fig 18

Fig 19

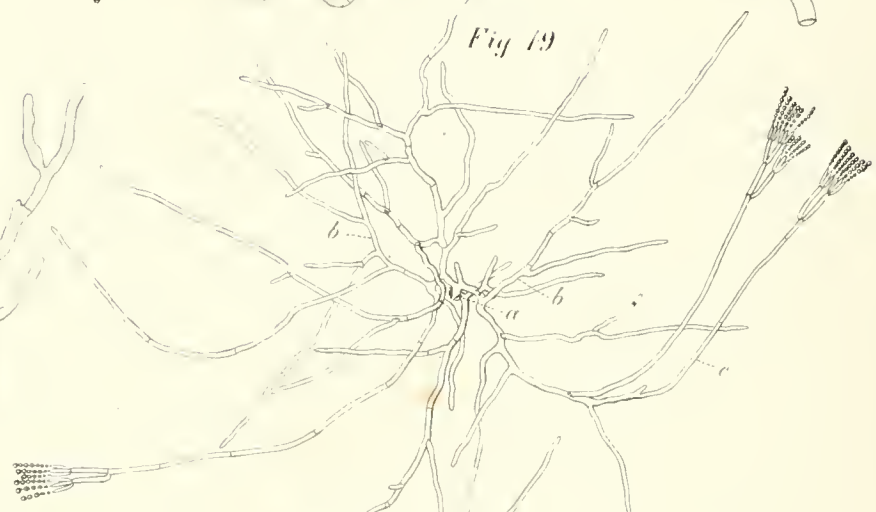
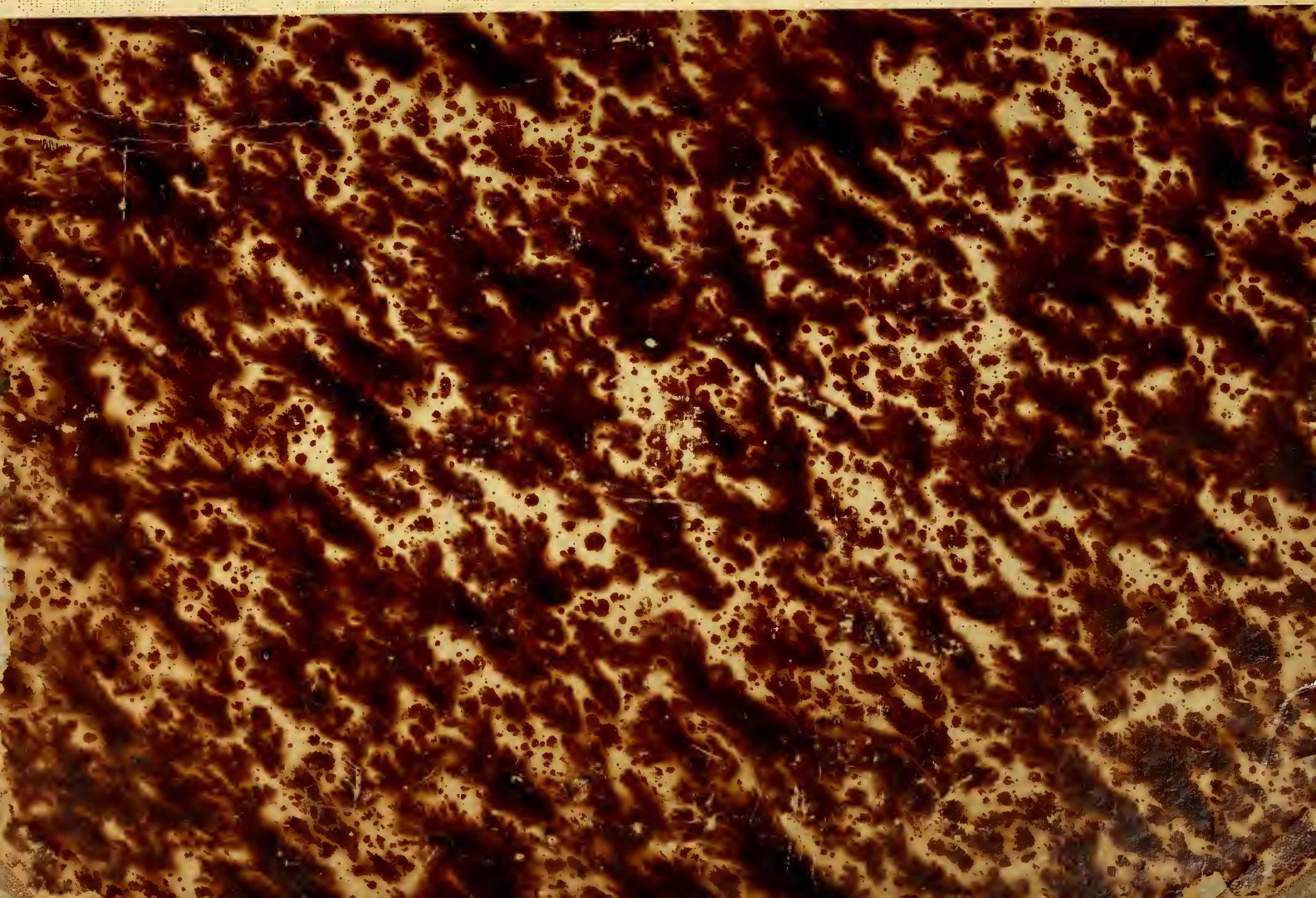


Fig 17

Fig 20

O. Breßld. gez.

Fig. 52
Fig. 51
Fig. 54
Fig. 53
Fig. 55
O. Brefeld gez.

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN.

New York Botanical Garden Library
QK628.A1 B7 Heft 1 -
Brefeld, Oscar/Untersuchungen aus dem Ge
gen
3 5185 00066 0439